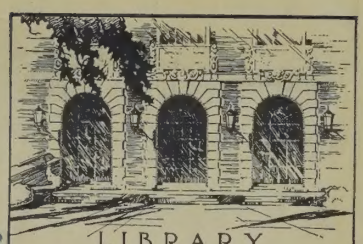


LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF ILLINOIS

550.5
ME
v.43-45

MAR 12 1963

[redacted]

~~NATURAL HISTORY~~

SEP 22 1941

Return this book on or before the **Latest Date** stamped below. A charge is made on all overdue books.

U. of I. Library

APR 14 1942

M32

4750

SECRETARIA DE INDUSTRIA COMERCIO Y TRABAJO

DEPARTAMENTO DE EXPLORACIONES Y ESTUDIOS GEOLOGICOS

JEFE DEL DEPARTAMENTO Y DIRECTOR DEL INSTITUTO GEOLOGICO, ING. L. SALAZAR SALINAS

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

BOLETIN NUMERO 43

ESTUDIO GEOLOGICO DE LA ZONA MINERA COMPRENDIDA ENTRE LOS MINERALES DE ATOTONILCO EL CHICO Y ZIMAPAN, EN EL ESTADO DE HIDALGO,

POR UNA COMISION DEL INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO, PRESIDIDA POR EL INGENIERO DE MINAS TEODORO FLORES

TALLERES GRAFICOS DE LA NACION

MEXICO.—1924

ME
V, 43-45

INTRODUCCION

A principios del año de 1919, el Director del Instituto Geológico de México nombró una comisión de dicho Instituto, para que hiciera el estudio geológico-minero de la zona comprendida entre los Minerales de Atotonilco El Chico y Zimapán, en el Estado de Hidalgo.

La citada comisión quedó integrada por el subscrito, como Jefe, los señores ingeniero G. Cicero y G. Vivar como ayudantes, el señor T. Paredes como colector de rocas, y los topógrafos señores Miguel Chávez Orozco e ingeniero Agustín Cruz. A raíz de su nombramiento se trasladó el personal de la comisión al Mineral de El Chico, situado en la extremidad SE., de la zona, y dió principio a sus trabajos, empredíendo el estudio de ese Mineral y sus alrededores. Poco tiempo después se anexó a la comisión el joven don Tomás Barrera, con el carácter de practicante, y una vez terminado el estudio de El Chico, pasó la comisión a la ciudad de Pachuca, en donde, por acuerdo del señor Director, se separó de ella el ingeniero Cicero, quien regresó a México a desempeñar otras labores en el Instituto. Desde Pachuca se visitó la región de Santa Rosa, situada al Poniente de El Chico, trasladándose más tarde la comisión, sucesivamente, a las poblaciones de Actopan, Cardonal, Bonanza y Zimapán, que se eligieron como centros de operaciones, para estudiar y ligar las diferentes zonas mineras existentes en sus contornos. Por último, estando ya la comisión para terminar sus trabajos, fué enviado por el Instituto a Zimapán, el señor don Federico Turban, quien quedó incorporado a ella en calidad de ayudante.

La zona recorrida fué bastante grande, pues su superficie aproximada es de 2,200 kilómetros cuadrados, y coincide, en gran parte de su extensión, con la región montañosa que atraviesa oblicuamente al Estado de Hidalgo, siguiendo una dirección general de Noroeste a Sureste. Están comprendidas en esta zona una porción de las vertientes septentrional de la sierra de Pachuca y occidental de las serranías situadas al N-NE. y E. del Valle de Actopan, así como gran parte de las sierras de El Cardonal, Bonanza, Pachuca, Zimapán y La Encarnación, siendo todas estas sierras elementos importantes de relieve del territorio del Estado, que pueden considerarse como los eslabones más occidentales de la Sierra Madre oriental, con la cual se ligan más o menos directamente.

Grande es también el interés industrial de la zona, pues se localizan en ella criaderos minerales de diversa importancia, de variados tipos y de rellenos metalíferos de naturaleza muy diferente. En efecto, en su extremidad SE., dominan los criaderos argentíferos y auro-argentíferos, contenidos en rocas ígneas terciarias, en tanto que en su porción central y extremidad NW., los

1150292

criaderos plumbíferos, plumbo-argentíferos y plumbo-cupríferos, contenidos en rocas sedimentarias, o los yacimientos de contacto, son los dominantes. La explotación de estos criaderos minerales data de largos años atrás y ha sido hecha, en general, en menor escala y empleando procedimientos de tumbe y extracción muy inferiores a los usados en épocas contemporáneas de trabajo, en otros centros mineros del mismo Estado, como los de Pachuca y Real del Monte.

Al interés geológico y minero que ofrece esta región, se debe que desde los primeros tiempos, varios hombres de ciencia hayan fijado su atención en ella y que en diversas épocas y ocasiones, fueran objeto de sus visitas y estudios algunas de las localidades mineras más importantes. El barón Alejandro de Humboldt estuvo, en mayo de 1803, en Atotonilco el Grande, Morán, Omitlán, Real del Monte y Arenal y fué entonces cuando este ilustre sabio determinó, trigonométricamente, la altura absoluta de Los Organos de Actopan (2,977. 10 mts.) e hizo algunas interesantes observaciones que se encuentran consignadas en su "Ensayo político sobre el reino de la Nueva España." Don Juan Burkart, poco tiempo después de llegado al país, por el año de 1825, hizo una primera visita al Mineral de El Chico, siguiendo un itinerario geológico, entre Tula y aquel lugar, y una segunda en la primavera de 1828, después de haber dejado el servicio de la Negociación Minera de Tlalpujahua, a la que vino empleado como minero mayor, con la compañía inglesa que trabajó en esa época las minas de aquel distrito minero. En este segundo viaje visitó Burkart, nuevamente, Real del Monte y El Chico y resolvió extender sus estudios e itinerarios geológicos, a los Minerales del Norte de México, entre los cuales incluyó a Zimapán y algunos otros de los comprendidos en la región.

A fines del año de 1895, con motivo de la desastrosa inundación que sufrieron las minas del Distrito de Pachuca, que causó la paralización de los principales trabajos mineros de ese Distrito, el Instituto Geológico de México hizo un estudio detallado del Mineral de Pachuca, que publicó en 1897, en los números 7, 8 y 9 de su Boletín. Dos años más tarde, continuó el Instituto sus trabajos en la porción oriental de la sierra de Pachuca, tratando de completar el estudio de esa región y, en 1899, circuló su Boletín número 12, dedicado exclusivamente a Real del Monte, y por último, en 1909, publicó el Instituto un estudio hidrológico del valle de Ixmiquilpan, en el tomo III, N.° 3, de sus Parergones. En estos estudios se tocan, incidentalmente, algunos puntos que se relacionan con la fisiografía y geología general de este valle y de la vertiente septentrional de aquella sierra, vertiente que, como se ha dicho antes, forma parte de la zona recorrida por la comisión.

El año de 1911, el señor ingeniero don Leopoldo Salazar Salinas hizo un viaje de reconocimiento por varias localidades del Estado de Hidalgo, durante el cual visitó algunos de los centros mineros más importantes que se encuentran dentro de la mencionada zona y publicó sus observaciones, en el tomo I de "La Industria Minera en México."

En épocas recientes, los alrededores de Zimapán han sido objeto de estudios locales, por parte de algunas notabilidades científicas norteamericanas. Waldemar Lindgren estudió, en 1913, un depósito de jamesonita, situado al NW. de Zimapán, sobre el cual escribió el interesante artículo contenido en el número 5 de "Economic Geology" correspondiente al mes de julio de 1914, y, posteriormente, Josiah Edward Spurr, hizo también estudios en algunas

minas cercanas al citado mineral de Zimapán, los cuales, según parece, han quedado inéditos.

La impresión personal que tuvimos al recorrer esta interesante porción del Estado de Hidalgo, siguiendo nuestros itinerarios, ora por las crestas de sus elevadas montañas, ora cruzando sus extensos y silenciosos valles o explorando sus profundas barrancas, nos demostró la justicia de la celebridad alcanzada por esta región minera, celebridad que motivó, como hemos dicho, los viajes y estudios que acabamos de señalar. En nuestro concepto, no sólo presenta esta zona el interés industrial de que hemos hablado antes, el cual pudimos comprobar durante las visitas y estudios que hicimos en el interior de las numerosas minas existentes en ella, sino que ofrece también gran interés fisiográfico-geológico, desde el punto de vista de la geología pura y aun mineralógico. En efecto, el viajero que atraviesa esta región no olvida fácilmente los bellos panoramas que contempla, llenos de interés escénico, y las variadas formas fisiográficas que presentan a su vista sus serranías, a veces muy complicadas, constituídas, bien por rocas ígneas, muchas de ellas eruptivas, terciarias, o bien por rocas sedimentarias mesozoicas. Las sierras constituídas por estas últimas rocas, afectan un carácter fisiográfico muy diferente al de las de origen eruptivo, diferencia que se percibe con claridad, cuando los perfiles y siluetas de aquéllas se destacan sobre el horizonte, alcanzando en general estas sierras una variabilidad y diversificación fisiográfica, mucho mayor que las eruptivas de la misma región. En estas sierras, cuando su material constitutivo es exclusivamente calizo, se presentan con frecuencia los accidentes característicos de los paíces calcáreos, como son: la pérdida de los ríos, que siguen repentinamente su curso subterráneo, y las grutas, entre las que citaremos: a la llamada Puente de Dios, en las inmediaciones de Sanctorum, la de Nejamai y, sobre todo, la de Tonaltongo, situada en el río del mismo nombre, al NE. de El Cardonal, y que es muy notable, no precisamente por sus dimensiones o decorado interior, sino por el considerable raudal de aguas incrustantes termales que surgen de ella, apareciendo, en parte, bajo la forma de enormes y hermosísimos chorros que se desprenden de su bóveda. En las crestas de las sierras eruptivas, el trabajo continuado de la erosión se ha encargado de esculpir figuras caprichosas que aparecen, unas veces, bajo la forma de colosales agujas aisladas, y otras, como preciosos grupos imitativos a los que la imaginación popular ha dado nombres, casi siempre apropiados.

En la extremidad SE. de la zona, en la vertiente septentrional de la sierra de Pachuca, especialmente en el Mineral de El Chico, y sus alrededores, crece una densa vegetación alpina que establece un marcado y brusco contraste con la desnudez que se observa en la vertiente opuesta de dicha sierra, vertiente que pertenece ya, hidrográficamente, a la cuenca del Valle de México. Esta tupida vegetación, sostenida por las constantes lluvias que, durante la mayor parte del año, tiene lugar en aquel Mineral, oculta completamente en algunos sitios la configuración del terreno y dificulta los trabajos de geología y topografía; pero imprime a aquella población minera un carácter extremadamente pintoresco que ha hecho que se le considere, con razón, como uno de los lugares más sanos y atractivos del país. Casi con igual vigor se desarrolla esta misma vegetación en la extremidad NW. de la zona, y forma bosques que, con algunas soluciones de continuidad, se extienden desde las vertientes N. y NE. de la sierra de Zimapán, hasta los minerales de San José del Oro y La Encarnación.

En la porción central de la región, que aproximadamente corresponde a la parte oriental de los valles de Actopan e Ixmiquilpan y a los alrededores del mineral de El Cardonal, el clima es, al contrario, de carácter semidesértico y en esta porción central las sierras se presentan monótonas y desprovistas de vegetación arborescente, que es substituída por plantas espinosas, entre las cuales llaman la atención algunas variedades de cactáceas, particularmente biznagas de grandes dimensiones, y los abundantes cardos que han dado el nombre a aquel Mineral; pero aún allí, si la tierra nos pareció árida y seca durante los meses de mayo y junio de ese año, que fueron en la Mesa Central excepcionalmente calurosos, tuvimos en cambio, oportunidad de ver interrumpida esta monotonía de las sierras, por los bellos crepúsculos que se presentan con frecuencia en aquellos lugares, iluminando los perfiles de las montañas con dorados reflejos y variados tintes.

De muchos de estos paisajes fisiográficos y contrastes, darán idea las fotografías que acompañan a este estudio, las que fueron tomadas durante nuestras excursiones por varios miembros de la comisión, correspondiendo la mayor parte de este trabajo, al señor Vivar. Dichas fotografías ilustran, además, asuntos geológicos o mineros, a los que nos referiremos en el curso de nuestra exposición.

El croquis topográfico adjunto, ha sido formado con datos que pueden considerarse como muy limitados, si se tiene en cuenta la extensión de la región recorrida; estos datos fueron tomados de algunos planos locales, que bondadosamente nos proporcionan varias de las diferentes compañías que trabajan en la región, de planos facilitados por las oficinas del Catastro del Estado de Hidalgo, de algunos existentes en el Instituto Geológico, y de los apuntes de nuestras carteras de campo. Debemos advertir que dicho croquis ha sido hecho en vista de la carencia absoluta que hay de un plano general de la región, el cual pueda servir de base topográfica para un trabajo geológico de la naturaleza del nuestro, y con el deseo de dar una idea solamente, de la configuración general del terreno, de sus cuencas hidrográficas, vías de comunicación, etcétera. No debe tomarse, por lo tanto, sino como enteramente aproximado, y para los detalles nos referiremos a los planos parciales que se intercalan en el texto, y que son debidos a levantamientos exactos, hechos por los topógrafos de la comisión, o por los ingenieros de la compañía de Real del Monte y Pachuca.

El porvenir industrial de la zona estudiada, depende de varios factores que tendremos oportunidad de analizar y que varían con las condiciones locales de cada centro minero; pero que en gran parte dependen del establecimiento de fáciles vías de comunicación, que permitirían no sólo el desarrollo minero de esta región, sino también el agrícola y comercial. Señalaremos aquí como una ingente necesidad, la continuación del camino de fierro entre la ciudad de Pachuca y el puerto de Tampico, que tiene construído, hasta ahora, un tramo de 83 kilómetros, que liga aquella ciudad con la estación de Capula, situada a inmediaciones de Ixmiquilpan, el cual tramo, cuando lo recorrimos, se encontraba en muy mal estado de conservación y con un servicio de tráfico muy irregular. Si no es posible concluir este ferrocarril de una vez, hasta su estación terminal, convendría, en nuestro concepto, llevarlo al menos hasta el Mineral de Zimapán, pues situada esta población minera a boca de sierra, así como otras muchas que tocaría en su prolongación hasta Tampico, se lograría la fácil salida comercial de productos, tales co-

mo café, piloncillo, chicle, pieles, alcohol de caña, frutas, etcétera, que se obtienen y cosechan en esa accidentada porción de la República.

Puede decirse, de una manera general, que los caminos carreteros que cruzan la región, le proporcionarían un buen servicio de tráfico, si no se encontraran en el estado de abandono en que están, con tanta más razón, cuanto que muchos de los principales podrían adaptarse, con relativa facilidad, al servicio de autocamiones, vehículos que seguramente están destinados a prestar, en lo futuro, grandes servicios al transporte minero y comercial de nuestro país.

Es para nosotros un imprescindible deber, hacer presente aquí nuestro reconocimiento, a todas y cada una de las compañías mineras, con las cuales estuvimos en contacto durante nuestra expedición y, especialmente, a la Compañía de Real del Monte y Pachuca, y a su subsidiaria, la "Compañía Exploradora de Hidalgo," S. A., por la poderosa ayuda que prestaron a la comisión para que pudiera llevar a cabo sus estudios, proporcionándole toda clase de elementos para sus trabajos en la región, medios de transporte, y, en general, cuanto fué necesario para llevar a buen término su cometido. Nos es muy grato hacer aquí mención especial del señor gerente y tesorero de la Compañía Exploradora, ingeniero Don Genaro P. García, por la bondadosa acogida que se sirvió dispensar a la comisión, y por todas las atenciones que tuvo para cada uno de sus miembros. Damos, asimismo, las gracias más expresivas a la "Compañía Minera de Atotonilco El Chico," S. A., por la franca y cordial hospitalidad que brindó a la comisión, durante su permanencia en esa población minera, así como a los señores directores, ingenieros y mineros de las compañías antes citadas, y a los de las compañías: "Fundidora y Minera de Zimapán," "The Hidalgo Copper and Smelting Co.," Negociación Minera de los señores Preiser y "Negociación Minera de La Cruz," en Santa Rosa.

En las siguientes páginas constan los resultados de nuestros estudios y las conclusiones a que hemos podido llegar, con cuya publicación creemos haber desempeñado la honrosa comisión con que se nos distinguió.

El Jefe de la Comisión,
Teodoro Flores.

México, septiembre de 1921.

CAPITULO I

SITUACION GEOGRAFICA

La zona recorrida está situada, geográficamente, dentro de los paralelos 20° 08′ y 20° 52′ de latitud N., y 0° 30′ y 0° 22′ de longitud E. y W., respectivamente, del meridiano de la ciudad de México. Políticamente, abarca el Municipio de Atotonilco El Chico, una fracción muy pequeña de los Municipios de Atotonilco el Grande y Pachuca, y parte de los Distritos de Actopan, Ixmiquilpan y Zimapán, pertenecientes todos ellos al Estado de Hidalgo. Puede considerarse dicha zona limitada: al NW. por un corto tramo del río Moctezuma; al N. y NE. por los Minerales de San José del Oro y La Encarnación; al E., por una porción de la vertiente occidental de las serranías que se extienden de los cerros de Las Plomosas en Actopan, a Zimapán y La Encarnación, y por una parte del curso del río Amajac; al SE., por los Minerales de Real del Monte y Pachuca, estudiados ya por el Instituto Geológico y, al SW. y W., el camino carretero que une las poblaciones de Pachuca, Actopan, Ixmiquilpan y Zimapán, marca aproximadamente el límite de la zona, cuya extensión longitudinal, es de 110 kilómetros contados desde el río de El Carmen, en las cercanías de Omitlán, hasta el cerro de Los Lirios, al NW. de Zimapán, siendo su anchura media de 20 kilómetros, dimensiones que dan una superficie de 2,200 kilómetros cuadrados.

Coincide esta zona, en gran parte de su extensión, con el sistema montañoso que cruza al territorio del Estado desde Pachuca a Jacala, siguiendo una dirección general de NW. a SE., y en este sistema montañoso es dondo se encuentran distribuídos varios de los criaderos minerales cuya explotación constituye la industria más importante del Estado de Hdalgo.

VIAS DE COMUNICACION

Las vías de comunicación que existen en esta zona son: una vía férrea que va de la ciudad de Pachuca a la estación de Capula, varios caminos carreteros importantes, muchos de herradura y multitud de veredas muy frecuentadas por los peatones. Aunque hay ríos caudalosos en la región, no son navegables y no pueden aprovecharse, por lo tanto, como vías fluviales.

Damos en seguida algunos datos relativos a las principales vías de comunicación que tuvimos oportunidad de recorrer, los cuales fueron tomados rápidamente durante nuestras excursiones.

El ferrocarril es de vía ancha, tipo "standard," y toca, partiendo de Pachuca, las siguientes estaciones, situadas a las distancias que se expresan, de aquella ciudad:

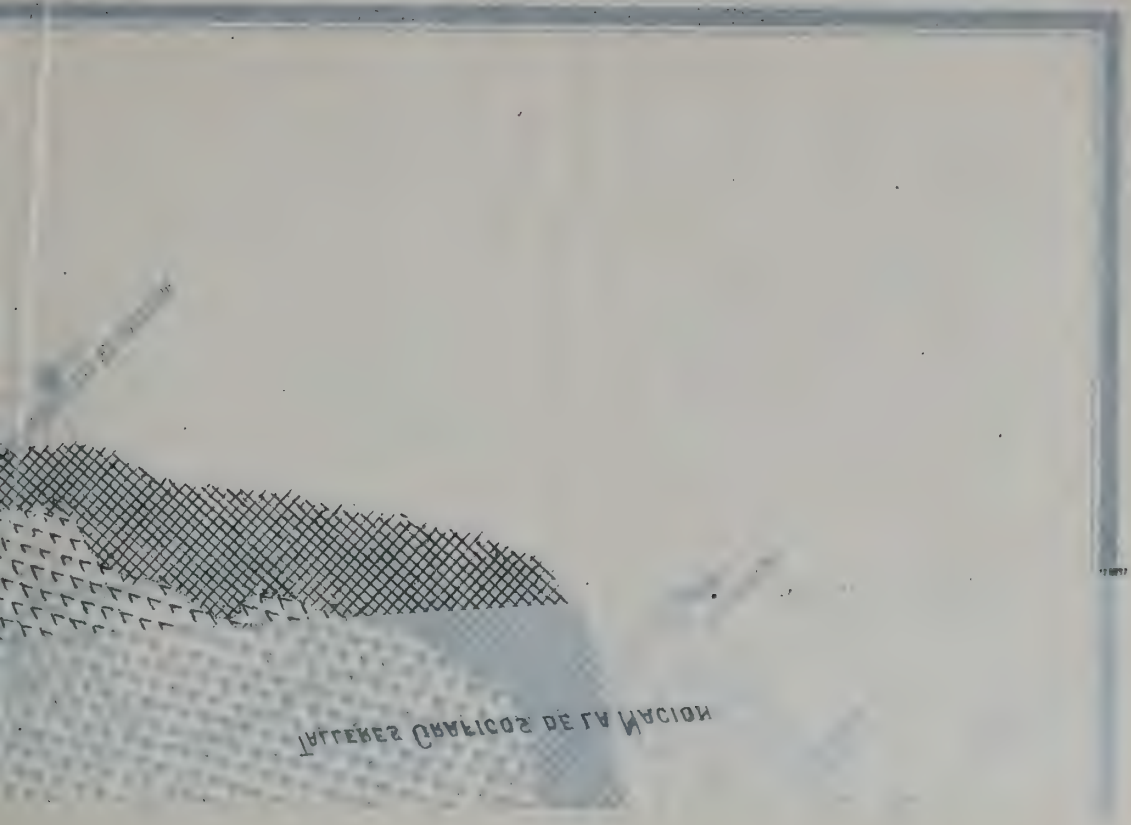
Concepción	8	Kilómetros.
Tornacuxtla	16	„
Tecama	23	„
Frailes	30	„
Arenal	37	„
Actopan	43	„
Caxuxi	50	„
Lagunillas	57	„
Ocotzá	69	„
Capula (Ixmiquilpan)	83	„

La vía tiene en la mayor parte de su desarrollo pendientes suaves, con excepción del tramo comprendido entre las estaciones de Tornacuxtla y Arenal, alcanzando la máxima entre esta última estación y la de Los Frailes; pero aun ésta se halla dentro de los límites admitidos; las fuertes pendientes en dicho tramo se deben a que la vía salva en esta porción de su trayecto, la serranía que separa los valles de Pachuca y Actopan.

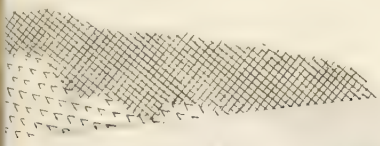
El servicio de tráfico se hace por un tren mixto, que sale todos los días de Pachuca a las 6 a. m. y llega a la estación de Capula, situada a 3½ kilómetros al NE. de Ixmiquilpan, a las 10.30 a. m., regresando media hora después para estar de vuelta en Pachuca y conectar con el tren del Ferrocarril Central, que sale a las 4.20 p. m. para México. Este servicio es muy irregular y sufre frecuentes interrupciones a causa de las malas condiciones de conservación en que se encuentra actualmente la vía, a la escasez de agua que se nota en los últimos cuarenta kilómetros de su recorrido y, sobre todo, a su deficiente dirección administrativa.

Los principales caminos carreteros que ligan poblaciones importantes, son los siguientes: el de la ciudad de Pachuca al Mineral de El Chico, que pasa por Pueblo Nuevo; el llamado de Bandola, que une también a estas dos poblaciones entre sí; el de Pachuca a Santa Rosa, el de Pachuca a Actopan, el de Actopan a Ixmiquilpan, y los de Ixmiquilpan a los Minerales de El Cardonal, Zimapán y La Encarnación.

El camino primeramente citado, tiene un desarrollo de cerca de 25 kms. y toca los siguientes lugares: Pachuca (2,440 m.), Puerto La Olea (2,760 m.), Pueblo Nuevo (2,890 m.), El Cedrito (2,920 m.), Cruz de los Negros (2.850 m.), Peña de Cuervo (2.780 m.), María Antonia (2,560 m.), y Mineral de El Chico (2,350 m.). En el tramo comprendido entre Pachuca y el Puerto de La Olea, cerca de Casas Quemadas, cuya longitud es de 6 kilómetros, se utiliza el antiguo camino entre Pachuca y Real del Monte; en dicho puerto se separa de este camino para seguir hacia El Chico, alcanzando su punto más alto (2,920 m.) en el puerto de El Cedrito, situado a dos y medio kilómetros de Pueblo Nuevo, desde donde desciende hasta el citado Mineral, juntándose antes con el camino de Bandola, en el paraje llamado María Antonia, que se encuentra distante seis y medio kilómetros del citado puerto de El Cedrito, y tres y medio kilómetros de El Chico. El ancho de este camino varía en sus diferentes tramos: en los tramos El Chico-María Antonia y Pachuca-Puerto de La Olea, tiene una anchura de seis metros, que permite el paso amplio de dos carruajes, y en el tramo puerto de La Olea-María Antonia, es más angosto y tiene en él un ancho de cuatro a cinco metros. Dos fuertes pendientes se notan en su trayecto; una en La Cruz de los Ciegos, que es de 13%, y otra entre María Antonia y El Chico, que llega, en algunos lugares, a 9%; en cuanto al tramo intermedio, Puerto de La Olea-



LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

María Antonia, alcanza su pendiente máxima de (8%) entre este último punto y Peña del Cuervo. El tráfico en este camino es bastante activo, y se hace por medio de automóviles, coches y carros, empleándose para recorrerlo en automóvil, de una hora a hora y media, y en coche tres horas; los carros hacen siete horas y puede transitarse a caballo en cinco horas.

El servicio de transporte entre El Chico y Pachuca, se hizo en un tiempo por el antiguo camino llamado de Bandola, cuyo desarrollo es de 37 km., y el cual pasa por los siguientes lugares: Mineral de El Chico, Cerro Partido, María Antonia, Los Otates, Carboneras, Bandola y Venta de El Comanche, en cuyo lugar, situado a 17.5 km. de la población de El Chico, se reúne con la carretera de Tulancingo a Pachuca. Este camino tiene una pendiente máxima de 9%, y aunque fué de gran tráfico en otra época, presta en la actualidad pocos servicios y se encuentra abandonado en parte, aprovechándose hoy solamente para la explotación de los bosques que atraviesa.

Los siguientes datos históricos, que bondadosamente nos fueron proporcionados por los señores don Gabriel Mancera e ingeniero don Francisco Barrera, manifiestan las necesidades comerciales que motivaron la apertura de estos caminos y las diversas etapas por las que pasó su construcción.

El año de 1861, los señores don Miguel y don Gabriel Mancera, pensando en la conveniencia y necesidad que había de ligar el Mineral de El Chico con Pachuca y Real del Monte, hicieron el trazo de una carretera que, partiendo de ese Mineral, fuera a encontrar al camino de Pachuca a Tulancingo, teniendo en cuenta, al hacer ese trazo, el reducir en lo posible el costo de la obra que proyectaban, utilizando para esto una parte del camino ya existente, así como favorecer el tráfico, no sólo de El Chico a Pachuca, sino también el que entonces había con el Distrito de Tulancingo, del cual provenía una gran parte de las semillas de que se abastecía el citado Mineral.

El camino trazado por los señores Mancera, fué a encontrar a la carretera de Pachuca a Tulancingo, en el lugar llamado Venta de El Comanche, inmediato a la hacienda de beneficio de Arcega, punto que está situado a 19.5 kms. de la ciudad de Pachuca. Terminado el trazo, los citados señores Mancera, en unión de sus hermanos don Ramón y don Rafael, decidieron abrir ese tramo de camino, haciendo por su cuenta los gastos necesarios que ascendieron a la suma de $42,000.00.

Cuando las vías férreas pusieron a Pachuca en comunicación con el resto del país, sucedió que las plazas del interior de la República llegaron a ser las abastecedoras de semillas de esa ciudad y, por consiguiente, los habitantes del Mineral de El Chico se surtían de semillas más baratas en Pachuca que las que podían obtener de las haciendas del valle de Tulancingo; así es que todo el tráfico tenía que hacerse con Pachuca, y resultaba para ellos demasiado largo este camino.

El señor don Gabriel Mancera, principal accionista de la mina de Arévalo, quien ha tenido siempre gran entusiasmo por mejorar las vías de comunicación, pensó en la conveniencia de abrir otra carretera que, ligando los dos puntos extremos de la anterior (Pachuca y El Chico) resultara más corta, y resolvió, en el año de 1900, el que se hiciera el trazo de una parte de camino que uniera las dos ya existentes (carretera de Pachuca a Real del Monte y de El Chico a Arcega), y un año después se abría el camino que pasa por Pueblo Nuevo, cuyo trazo y construcción se hizo bajo la dirección del señor ingeniero don Francisco Barrera, habiendo sido erogados los gastos por el mencionado señor Mancera, con un costo de $2,700.00 por kilómetro.

Por los datos anteriormente expuestos, puede verse que el recorrido entre El Chico y Pachuca, hecho por el camino de Pueblo Nuevo, es 14 kilómetros más corto que el que se hacía por el antiguo camino que pasa por Arcega, resultando de esta diferencia una economía apreciable en el tiempo que emplean los vehículos para hacer el trayecto entre esos dos lugares, lo que ha facilitado mucho, desde entonces, las comunicaciones; obteniéndose así, como consecuencia, una economía en el importe de los fletes, pues los carros pueden hacer, por este camino, en un día, el viaje de ida y vuelta, cosa que no era posible hacer antes por el de Arcega.

El camino que recorrimos entre Pachuca y la mina de La Cruz, en Santa Rosa, es de 18 km. de longitud y pasa por S. Bartolo (2,440 m.), puerto de Espíndola (2,540 m.), barranquitas de San Francisco y El Piojo, puerto de La Palma (2,490 m.), socavón de Ernestina (2,315 m.), y mina de La Cruz (2,310 m.). Está actualmente en reparación y es bastante bueno en el tramo últimamente reconstruído, entre el puerto de La Palma y esta mina, en el cual tiene una anchura media de cuatro metros y una pendiente máxima de 8%. No estando en todos los tramos de su porción restante en condiciones de ser transitados por carros, se aprovecha para este servicio una parte del camino carretero entre Pachuca y Actopan. El tiempo que empleamos en recorrer este camino a caballo, fué de tres horas.

El camino carretero que comunica las poblaciones de Pachuca, Actopan e Ixmiquilpan, no tiene ya el interés que antes de la construcción de la vía del ferrocarril, pues la mayor parte del tráfico entre estas poblaciones se hace por la citada vía férrea, y aunque no tuvimos oportunidad de recorrerlo, sino en tramos de muy corta extensión, podemos decir que, por la circunstancia de seguir en lo general a esa vía, tiene pendientes suaves en casi todo su desarrollo, y una anchura apropiada para un servicio activo, y que transitan por él con relativa facilidad, carros y automóviles, por lo que es probable que con poco gasto pueda ponerse en condiciones bastante buenas de servicio.

Entre las poblaciones de Ixmiquilpan y El Cardonal, existe un camino carretero que ha sido reparado recientemente, desde que la Compañía de Real del Monte y Pachuca emprendió sus trabajos en aquel Mineral. Este camino tiene un desarrollo de 18 km., y es bastante bueno; hicimos su recorrido en automóvil, desde la estación de Capula, en hora y media, y a caballo se emplean generalmente tres horas. Sus pendientes son suaves y solamente, como a dos kilómetros antes de llegar al Cardonal, tiene una pendiente algo fuerte que fácilmente podría corregirse.

La mencionada Compañía tiene el proyecto de unir aquel centro minero, por un ramal con la vía férrea entre Pachuca y Capula, a la que nos referimos al principio, habiendo hecho para esto el estudio de tres trazos: uno que parte de la estación de Capula, otro del km. 79 de dicha vía y un tercero del km. 73. El primero de estos trazos, que saca un desarrollo de 21 kms. se localizó pasando por la capilla de Capula, hacienda de Debodé y Cardonal; el segundo partiendo del km. 79, sigue por Santa Cruz del Mundo, hacienda de Debodé, rancho de Luis Flores y Cardonal, con desarrollo de 18.5 kms., y el último, de 23 kms. de longitud, liga al km. 73 con el portillo de San Francisco, en el cual será necesario abrir un túnel y hacer un rebaje de cierta extensión, para continuar después por la hacienda de Santa Cruz y llegar al Cardonal, tocando los mismos puntos que el anterior. Parece que de estos trazos se trataba de adoptar el del km. 79, y estaba además, pendiente

Fotografía número 1. Vista general del mineral de "El Chico," desde el cerro de la "Gran Compaña."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

de estudio otro, que partiendo de la estación de Capula, aprovechara parte del trazo del ferrocarril a Tampico.

Desde Ixmiquilpan y Cardonal hacia el Norte, es decir, en la porción septentrional de la zona estudiada, las comunicaciones son más difíciles, y puede decirse que el camino carretero que acabamos de describir entre estas dos poblaciones, marca el límite de las comunicaciones relativamente rápidas con la ciudad de Pachuca. Sin embargo, existen en esta región dos caminos carreteros, cuyas malas condiciones actuales de conservación no permiten el tráfico de vehículos que se hacía en otra época. Uno de los caminos referidos va de Ixmiquilpan a Zimapán, y el otro comunica Zimapán con La Encarnación, siendo ambos bastante largos. Recorrimos estos caminos a caballo, y los datos siguientes se refieren a su estado actual.

El camino de Ixmiquilpan a Zimapán atraviesa el valle de Ixmiquilpan con una dirección general de 78° NW., hasta el puerto de La Oreja (1,860 m.), desde donde desciende por lomeríos algo accidentados hacia Tasquillo, cruzando una planicie muy cultivada, cuya altura media es de 1,665 m. Como a tres kilómetros al NW. de Tasquillo, abandona la llanura y sigue por barrancas que se forman entre cerros constituídos por material estratificado, hasta el puente de La Encarnación (1,605 m.); desde aquí desciende, con dirección casi de Norte a Sur, pasando entre los cerros de El Rodeo y Juárez, hasta alcanzar el puerto de Xithá, y toca en este tramo a los parajes llamados Venta de La Palma (1,945 m.) y Venta de Cuaxití (1,975 m.), desde el puerto de Xithá desciende, con una dirección general de 45° NW., hasta la barranca del Suspiro, tocando en esta porción de su trayecto los siguientes lugares: Venta de Xithá (1,935 m.), rancho del Aguacatillo (1,850 m.), barranca del Diablo (1,750 m.), barranca del Suspiro (1,730 m.) y de allí asciende ligeramente para llegar a Zimapán (1,790 m.). El desarrollo de este camino es de 36 kms., su anchura media de cinco metros y sus pendientes más fuertes varían aproximadamente, entre seis y catorce por ciento, estando esta última pendiente entre la Venta de Cuaxití y el puerto de Xithá. Las porciones de él que se encuentran en regulares condiciones son: las que cruzan los valles de Ixmiquilpan y Tasquillo, y la comprendida entre el rancho de Aguacatillo y Zimapán, las que son de pequeña pendiente; estando, en cambio, en muy malas condiciones los tramos siguientes: el ya citado entre Cuaxití y el puerto de Xithá, en el cual existe un empedrado casi destruído que más que favorecer al tráfico lo perjudica; el comprendido entre la Venta de Cuaxití y el puente de la Encarnación, y los tramos de subida y bajada al puerto de La Oreja, en los que el camino ha desaparecido en parte.

Del camino entre Zimapán y la Encarnación, que ha prestado grandes servicios al tráfico en las épocas de mayor actividad de la Ferrería de ese nombre, queda en la actualidad sólo un tramo notablemente bien conservado que es el comprendido entre el Camposanto del Oro y la Ferrería de la Encarnación, situado ya en el límite septentrional de nuestra zona. Tiene este camino un desarrollo de 26 km. hasta Zimapán, y puede servir también para el tráfico a Ixmiquilpan, sin pasar por aquel lugar, siguiendo por los pueblos de San Pedro y Remedios. Partiendo de Zimapán, pasa por los siguientes lugares: pueblo de San Pedro (1,880 m.), a un lado de la hacienda nueva de La Estancia, puerto del Aire (1,990 m.) paraje de La Palma (1,980 m.), puerto del Huizache, puerto de Barrientos y parajes de Las Trancas (2,050 m.) y Las Majadas (2,000 m.); desde este último paraje, sigue por el

lecho de la barranca del Camposanto del Oro, ascendiendo hasta el puerto de ese nombre (2,525 m.), donde comienza el tramo bien conservado al que hemos hecho referencia. El único tramo difícil de reparar, y que está ahora en muy malas condiciones, es el que coincide con el lecho de la barranca de El Oro, circunstancia por la cual el camino está lleno de piedras sueltas que dificultan mucho su tránsito. Creemos que para evitar esto sería conveniente modificar el trazo en esta parte del camino.

El costo que sacan los caminos carreteros, y más que todo los elevados gastos que exige su conservación, ha hecho que se multipliquen en nuestro país los caminos de herradura especialmente en las porciones más accidentadas de su territorio. Lo mismo sucede en esta zona, en la que puede decirse, los caminos carreteros son muy escasos en relación con los numerosos caminos de herradura que la cruzan; mencionaremos, por lo tanto, solamente los principales caminos de esta clase.

El camino de herradura que va de Pachuca al Mineral de El Chico por Cerezo, tiene una longitud total de 16 ks. 400 m., y pasa por los siguientes lugares: Cerezo, presa de Jaramillo, La Sabanilla, Peña Sentada, Dos Aguas y El Chico. Este camino fué trazado y abierto el año de 1878, por el señor ingeniero Atilano Manríquez, director en esa época de la Compañía metalúrgica de Atotonilco El Chico, y por iniciativa del señor don Gabriel Mancera, habiendo sido costeado por el Gobierno del Estado de Hidalgo, según contrato que celebró con este señor. El objeto principal que se persiguió, al abrir este camino, fué reducir las fuertes pendientes del camino de herradura que existía con anterioridad entre los mencionados Minerales, pendientes que eran sumamente fatigosas para las bestias de carga, como puede verse todavía, en algunos de los tramos de este camino viejo que no se han destruído, como por ejemplo, en la bajada para la hacienda de San Diego, al llegar a la población de El Chico, y aun se tuvo la idea de que pudiera servir para camino de coches, por lo que se trazó con pendiente máxima de 7%, y como esto no se pudo hacer, ha quedado sirviendo sólo para el paso de animales. En la actualidad los arrieros hacen uso de algunos tramos del camino de que se trata, y siguen otros del antiguo camino de herradura, por la idea, muy arraigada en ellos, de seguir los caminos más cortos, aunque se maltraten sus animales. La conservación y reparación de este camino de herradura, del carretero que pasa por Pueblo Nuevo, y de algunos otros caminos carreteros locales que hacen el servicio entre El Chico y las minas de los alrededores, se hace por cuenta de la mencionada compañía metalúrgica.

El camino de herradura entre Actopan y El Cardonal, que pasa por Pozuelos, va por la hacienda de La Estancia, pueblo de Santiago, Pozuelos y Cardonal, siendo la distancia recorrida entre las dos poblaciones citadas de 45 kms., y puede considerarse en parte como carretero, entre Actopan y Santiago.

Del Mineral de El Cardonal parte un camino de herradura para Zimapán, que pasa por los Minerales de San Clemente, Pachuca y Bonanza, cuyo desarrollo es aproximadamente de 42 kms., el cual, no obstante el mal estado en que se encuentra, presta importantes servicios a todos estos Minerales.

Desde Zimapán tuvimos oportunidad de recorrer casi todos los caminos de herradura que unen a esta población con las minas de los contornos; todos estos caminos están en condiciones aceptables con excepción del último tramo del camino entre Zimapán y la mina de San Francisco.

Existen además, otros caminos de herradura, entre ellos los que concu-

Fot. núm. 2.—Vista panorámica de la región minera de "El Chico," tomada desde la peña de "El Cuervo."

rren al Mineral de El Chico, partiendo de la población de Atotonilco el Grande y rancherías de los alrededores de aquel Mineral, tales como Santa Ana, Amajac, Sanctorum, Capula, Estanzuela, etcétera; el que recorrimos entre Actopan y las minas de La Negra, que pasa por el puerto de La Rodilla; los que van desde El Cardonal a la gruta de Tonaltongo, Fundición de Chalmita, Cerro Blanco, etcétera, y multitud de caminos radiantes que comunican cada centro minero con las minas y pequeñas poblaciones que de ellos dependen.

Tendremos oportunidad de referirnos de nuevo a alguno de estos caminos, al tratar de la geología de la región y diremos, por último, que por regla general, todos los caminos de herradura, de la zona estudiada, se encuentran en malas condiciones, sobre todo en la estación de lluvias, durante la cual, debido al carácter torrencial de la mayoría de los ríos y arroyos de la región, son invadidos por la carga que estas corrientes de agua arrastran y depositan en ellos.

CAPITULO II

HISTORIA Y PRODUCCION

La escasez de datos históricos y estadísticos, publicados durante la dominación española, y la destrucción de muchos de los archivos, durante la guerra de Independencia, es una de las dificultades más serias con que se tropieza al tratar de hacer la reseña de la historia y producción de nuestros distritos mineros, sobre todo en lo que se refiere a las bonanzas disfrutadas en las minas antiguas, monto de sus productos, duración que estas bonanzas tuvieron, etcétera. Para algunos de los grandes distritos mineros del país, pueden reunirse, con relativa facilidad, algunos datos de esta naturaleza; pero con respecto a centros de menor importancia, como son los de El Chico, Cardonal, Bonanza, Pechuga, Zimapán y otros, de los que se encuentran en esta zona minera, que han sido trabajados casi siempre en corta escala, esta dificultad se acentúa más, no existiendo a veces para algunos de ellos, ninguna clase de datos históricos. Trataremos, sin embargo, de hacer aquí una breve reseña histórica de los principales de estos centros mineros, comenzando por los de la extremidad SE. de la zona.

Fundado el Mineral de Pachuca, casi a raíz de la conquista, por el año de 1524, absorbió probablemente por algún tiempo la atención de los mineros españoles, pues sólo hasta medio siglo más tarde parece que fué cuando se descubrió el Mineral de El Chico, no obstante estar tan cercano a Pachuca. Son muy vagos los datos que existen acerca del descubrimiento de ese Mineral, pues en el archivo de su Parroquia, que nos fué mostrado por el señor cura de ella, don Leopoldo Rivera, solamente existe una nota relativa a la fundación de la iglesia, obras notables de la misma y visitas pastorales, en la cual se cita un inventario formado en 1819 por el bachiller don Ignacio Roldán, quien era entonces cura propio y juez eclesiástico de dicha Parroquia. En ese documento se dice que el bachiller don Eulogio Vargas Machuca dió un informe al señor Arzobispo de México sobre la fundación

del Mineral; pero que no se encontró en el archivo parroquial ningún documento relativo a este asunto, y por lo tanto, según manifiesta el mismo señor Roldán, puede tomarse como punto de partida el libro de casamientos encontrado en ese archivo, en el cual aparece una partida de casamiento, registrada en 15 de junio de 1574, por lo que es de suponer, que la fundación del Mineral date de algunos años antes de la fecha citada. En un documento (1) que la Diputación de Minería del Mineral de El Chico remitió en 1873 a la Sociedad Minera Mexicana, se asienta que en el año de 1691 sólo había una capilla de piedra y lodo, en la que se celebraba misa, en el mismo lugar en que hoy está la parroquia, y que es probable, que aunque habiendo sido más antiguo el Mineral de Capula, los descubrimientos de vetas hechos en El Chico, y la mayor riqueza de ellas, hayan hecho que la población fuera aumentando hasta el grado de hacerse cabecera de los pueblos y rancherías que hoy pertenecen a su jurisdicción. Con respecto al descubrimiento de las vetas, sólo se sabe por tradicción (2), que este lugar, por su posición topográfica, y lo inaccesible de sus montes, fué un seguro asilo de bandidos, habiendo sucedido una vez, que éstos fueron perseguidos y acertaron a acampar, según parece, donde hoy está la mina de La Gran Compaña o donde está la mina de El Torno. Alguno de ellos, probablemente algo entendido en minería, descubrió en esta ocasión algunas piedras minerales, ricas, que mostró a sus compañeros, después de lo cual todos examinaron el terreno y se convencieron de que estaban sobre una veta; recogieron las piedras y las llevaron al virrey, de quien solicitaron su indulto y permiso para trabajar las minas que abrieran, dando al mismo tiempo una participación al gobierno. Tal parece haber sido el origen del Mineral El Chico, sin que sea posible poder confirmar esta relación de una manera segura, pues sobre ella no hay nada escrito en los archivos.

Algún tiempo después fué descubierta la veta de Arévalo, sobre la cual se labró la mina del mismo nombre, que sigue siendo hasta hoy. la más importante de este distrito minero. Por el año de 1825 producía esta mina a su propietario, que era don José Antonio de Revilla, de veinte a veinticinco mil pesos semanarios (3), y fué en ese año, cuando se descubrieron en la citada veta tres clavos ricos que sostuvieron esta producción semanaria, durante varios años. H. G. Ward que fué ministro británico en México por los años de 1825-27, visitó El Chico en 1826 y dice (4) que le informaron entonces que la mina de Arévalo podría producir en ese año, trabajando con suficiente número de operarios, siete barras de plata semanarias, cuyo valor estima, al año, en $365,000.00. Refiriéndose a la producción de la citada mina en el período de veinte años comprendidos de 1804 a 1824, dice que se pagó el tributo o "quinto al rey," sobre cinco millones de pesos de producción de esa mina, es decir sobre $250,000.00 en promedio, anualmente.

Por esa época se establecieron (5) en El Chico dos compañías mineras de importancia: una fué la Compañía Unida Mexicana y la otra la Compañía Minera de Elberfeld. La primera, cuyos directores eran don Lucas Alamán y los señores Glennie y Agassis, disponía de un capital de seis millones

(1) El Minero Mexicano. Tomo I. Números 10, 11 y 12.
(2) Memoria de la Comisión Científica de Pachuca, Méx., 1865. Pág. 119.
(3) Burkart, Aufenthalt und Reisen in Mexico-Stuttgart, 1836. Tomo I. Pág. 140.
(4) México, by H. G. Ward, Esq.-London, 1829. Tomo I. Págs: 441 y sig.
(5) México, by H. G. Ward, Esq.-London, 1829. Tomo I. Págs: 405 y sig.

Fotografía número 3. Camino de Pachuca al mineral de "El Chico."
Vista tomada desde la mina "El Cristo."

Fotografía número 4. Mineral de "El Chico." Calle principal,
mercado e iglesia.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

de pesos, con el cual trabajó en varios Minerales del País; en la región de El Chico explotó, según Dahlgren (1), las siguientes minas: San Pedro de la Bomba, Santa Ana, San Antonio el Rico, Las Papas o Dolores, San Miguel, San Antonio y Santa Rita, y las haciendas de beneficio de San Pascual y Plan Grande. La negociación alemana de Elberfeld, de la cual fueron directores los señores Stein, Schleiden y von Gerolt, contaba con un capital de más de seiscientos mil pesos y trabajó también minas en varias partes de la República; en El Chico emprendió trabajos principalmente en la mina de Arévalo, y en dos minas del Mineral de Santa Rosa. Esta negociación contrató con don José Antonio de Revilla, la mina de Arévalo por treinta años, y se comprometió a anticipar a ese señor la cantidad de $200,000.00 que, según convenio se restituiría con los primeros productos de la mina, y una vez saldado ese anticipo deberían repartirse las utilidades por partes iguales entre la negociación y el señor Revilla. La citada negociación hizo constantes y repetidos esfuerzos para descubrir clavos ricos, encontrando solamente un clavo pequeño. Algunos años más tarde ya no fué posible a la compañía obtener más capital y devolvió entonces las minas a Revilla. Esta devolución de las minas, según Burkart (2), se debió a la necesidad que tuvo la negociación de reducir sus gastos y emplear el capital restante que quedaba a su disposición en aquellas minas, de las cuales podría obtener utilidades en menos tiempo; pero no fué, porque se tuviera la convicción de que en la mina de Arévalo no fuera posible encontrar clavos ricos si se hubieran podido emprender obras extensas de exploración. La referida compañía obtuvo también poco éxito en sus minas del Mineral de Santa Rosa, y allí también suspendió sus trabajos.

Posteriormente, por el año de 1849, el señor don Tomás Mancera trabajaba con éxito las minas de Arévalo y San Nicolás. En un informe (3) que este señor rindió al Prefecto de Tulancingo el 15 de noviembre de 1849, dice que la producción de metales en El Chico, el año anterior, había sido de 19,567 marcos de plata (4,696 kilos) y 600 marcos de oro (144 kilos). Da, además, interesantes datos en ese informe, acerca de las minas de la región de El Chico y algunas de Santa Rosa y El Arenal, que en esa época se encontraban en trabajo, sus productos, leyes de sus metales, sus dueños, etcétera, y se refiere también a las minas paralizadas y haciendas de beneficio, entonces existentes. Las minas en trabajo eran: Arévalo, San Nicolás, Gran Compañía, Capula, Santa Rosa (San Eugenio), La Perla, San Miguel, Poder de Dios, Santa Francisca, San José de las Adjuntas (situada ésta cerca de la Ferrería de Santa María Elías, hoy Santelices), Poder de Dios (a) La Víbora, San Pascual y San Felipe, Tetitlán, Nieves, San Antonio El Rico y San Juan de Dios, Jesús y San Rafael. De la mina de Arévalo dice que produjo en el año, 59 montones de 10 cargas (81 toneladas 420 kilos) de metales de "fuego" y 1,075 montones de metales de azogue (1,469 toneladas 700 kilos), los cuales tratados por amalgamación en patio produjeron 45 montones de polvillo. Las leyes de los metales de fuego fueron de 40 marcos (6 kilos 600 gramos), y la del metal común, de 7 a 8 marcos (1 a 2 kilos de plata por tonelada) y la de

(1) Charles B. Dahlgren. Las Minas Históricas de la República Mexicana, México, 1887. Págs. 22 y sig.

(2) Loc. cit. Tomo I. Págs. 140 y sig.

(3) Boletín de la Sociedad de Geografía y Estadística. Tomo 2, 1.ª Epoca. México, 1861. Págs. 187 y sig.

los polvillos de cerca de 30 marcos (5 kilos). Esta mina, que fué contratada en avío el año de 1842 por el señor Mancera a su dueño, que era en esa época un sobrino del finado don José Antonio de Revilla, se encontraba casi abandonada y fué puesta en condiciones de explotación con éxito por dicho señor. La mina de San Nicolás, propiedad del mismo señor Mancera, producía, según los datos que constan en el citado informe, 15 montones de metales de "fuego" (20 toneladas 700 kilos) con ley de 40 marcos (6 kilos 600 gramos) y 200 montones (276 toneladas) de metales de "azogue" con ley de 8 a 11 marcos (1 a 2 kilos). De las otras minas que menciona, parecen haber sido las más importantes las de Tetitlán, Jesús y San Rafael y San José de Las Adjuntas. Habla también de once haciendas de beneficio, cinco en trabajo y las restantes en estado de ruina. Las haciendas que trabajaban eran las de San Cayetano, San Diego, San Francisco, Guadalupe y Jesús, de las cuales, las cuatro primeras empleaban el procedimiento de amalgamación de patio y la última el procedimiento de toneles, con horno de reverberación; y cita, por último, cuatro fundiciones para el tratamiento de minerales de "fuego" y producción de barras, que eran: San Juan Nepomuceno, San Miguel, San Antonio y La Purísima.

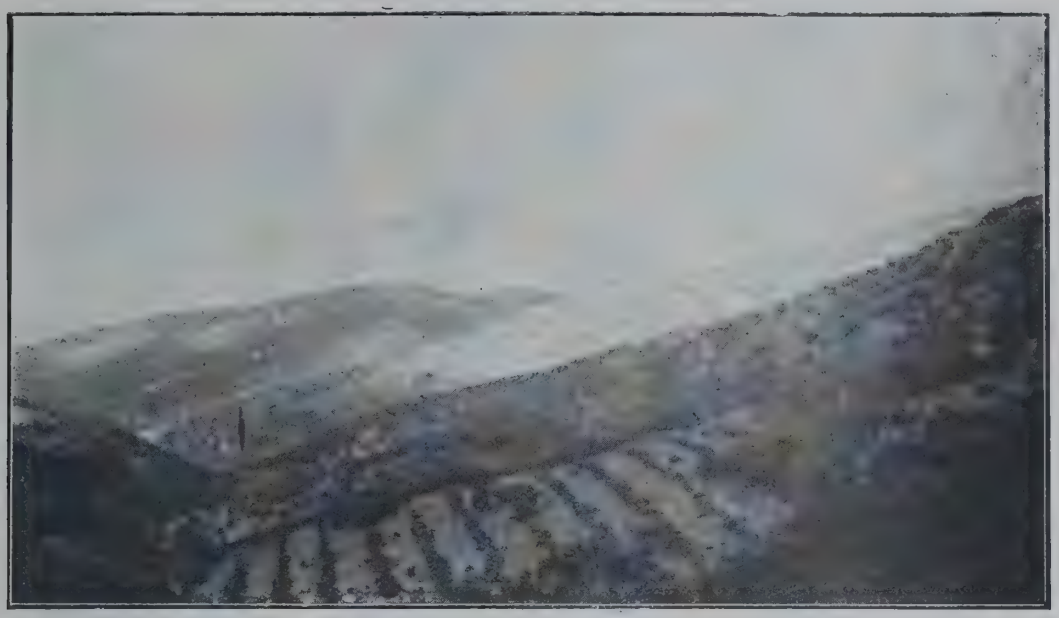
El señor don Tomás Mancera siguió con el contrato de avío de la mina de Arévalo hasta 1856, fecha en que obtuvo una prórroga de cien años, y continuó trabajando la mina durante cerca de veinte años, al cabo de los cuales, un empobrecimiento de la veta lo obligó a formar una compañía para seguirla explotando. Esta compañía tomó el nombre de Compañía Metalúrgica de Atotonilco El Chico; se emitieron 24 barras, habiéndose quedado con la mayor parte de ellas el señor Mancera. A su muerte fué heredada esta parte por sus hijos, y posteriormente, don Gabriel, compró a sus hermanos las acciones que les correspondían, quedando en definitiva este señor con la propiedad de 700 acciones, de las 1,000 existentes. Por esta época necesitaba la mina desagüe natural, sin lo cual era demasiado costosa su explotación, y se utilizó para esto el socavón de La Aurora, cuyos propietarios no quisieron entrar en ninguna operación de venta con el señor Mancera, quien, para transar, propuso la emisión de seis barras más en la mencionada compañía, de las que fueran propietarios los dueños del socavón, proposición que fué aceptada, realizándose así el desagüe de la mina, con gran facilidad y economía.

En el año de 1870, la mina de Arévalo producía 91 toneladas semanariamente, y era opinión general, que en esta mina, como en otras del Mineral de El Chico, la explotación no se había realizado en la escala a que se prestan algunas de sus vetas.

En 1883 la mina de Arévalo producía, según Dahlgren (1), minerales, cuyo valor era de cincuenta pesos la tonelada, los cuales dejaban una utilidad de dieciocho pesos por tonelada, y los labrados de esta mina habían alcanzado una profundidad de 168 metros, abajo de la superficie. Por esa época se trabajaba la mina de La Atarjea, hasta una profundidad de 70 metros, y de las minas de Capula, se estaban extrayendo minerales de baja ley.

En el año de 1892, la negociación de Arévalo trabajaba las minas siguientes: Arévalo, Socavón de la Aurora, Negrillas y Nuevo Dique, habien-

(1) Loc. cit. Pág. 215.



Fotografía número 5. Vista del cerro de San Cristóbal (en el fondo), y una parte de la zona mineralizada de Pachuca, tomada desde las inmediaciones de "Casas Quemadas," donde se separa el camino para el mineral de "El Chico."

Fotografía número 6. Cerro de El Zumate y ranchería de Pueblo Nuevo. Vista tomada desde el camino carretero del mineral de "El Chico" a Pachuca.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

do extraído en el semestre de enero a julio, del año citado (1) 12,616 cargas (1,741 toneladas) de mineral que produjeron 75 barras de plata, con peso de 170 kilos, y cuyo valor líquido fué de $77,327.75; habiéndose beneficiado todos estos frutos en la hacienda de San Cayetano; también estaban en este año en trabajo en El Chico, las minas de San Marcial, Los Angeles y San Antonio El Rico. Esta última mina producía semanariamente 5 cargas (690 kilogramos) de metales de "fuego," con ley de 80 onzas por carga, (16.811 kilogramos por tonelada), y 50 cargas (6,900 kilogramos) de metal común, de una ley de 9.6 onzas por carga (2.015 kilogramos por tonelada). En Capula sólo se trabajaban las minas de Capula y Remedios. En el Mineral de Santa Rosa, perteneciente a la Municipalidad de El Arenal, Distrito de Actopan, estaban en actividad en este mismo año las minas denominadas: San Eugenio, Dolores, Santa Rita, Santa Isabel y algunas otras. La mina más importante era entonces la de San Eugenio, que contaba con un socavón de cerca de 500 metros, por el cual se extraían semanariamente 15 cargas (2,070 kilogramos) de metal común, con valor de $300.00, y una carga (138 kilogramos) de metal rico que valía alrededor de $100.00. La profundidad alcanzada era de 160 metros, y se ocupaban en esta mina 2 empleados y 48 operarios.

La negociación de Arévalo, había aumentado su producción por los años de 1909 a 1910, a 70 toneladas semanarias, es decir, a cerca de 4,000 toneladas anuales, con metales de leyes medias de un kilo plata y siete gramos de oro por tonelada, y empleaba en sus minas 250 operarios diariamente, repartidos en dos pueblos, habiéndose comenzado a tratar sus metales por cianuración, desde 1913, en su oficina metalúrgica de Plan Grande. Desde entonces esta negociación ha impulsado bastante sus trabajos, aunque no en la escala en que pueden llevarse en la veta de Arévalo; sin embargo, alcanzan actualmente los trabajos de explotación y exploración en esa mina un desarrollo, a rumbo de veta, de cerca de un kilómetro y han llegado a una profundidad de 400 metros, abajo de la superficie. La producción de metales extraídos durante los años de 1917 y 1918, fué de 31,616 toneladas, 419 kilos y 40,595 toneladas, 696 kilos, respectivamente, con metales de una ley media de 591 gramos de plata por tonelada, correspondiendo de esta extracción total, 444 toneladas, 792 kilos a metales de exportación, cuyas leyes variaron entre 10 a 14 kilos de plata por tonelada. En el siguiente cuadro, que debemos a la amabilidad del señor ingeniero don Moisés Perogordo, director de esta negociación minera, constan las cifras de producción en los años aludidos, leyes de los metales y labores de que fueron extraídos, pudiendo apreciarse en dicho cuadro, en detalle, esta producción.

(1) Datos Mineros. Boletín del Ministerio de Fomento, correspondiente a los años de 1893-95. Pág. 68.

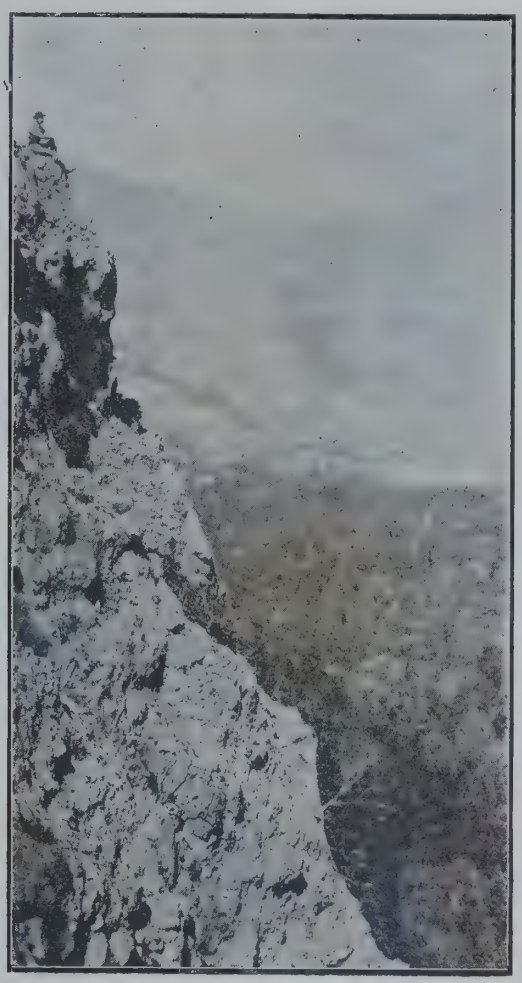
CUADRO QUE MANIFIESTA LA EXTRACCION Y EXISTENCIA DE METALES EN LA MINA DE AREVALO, DURANTE LOS AÑOS DE 1917 Y 1918

Año de 1917

LABOR	Extracción	Ley plata por tonelada	Contenido en plata mixta
	Toneladas	Kilogramos	Kilogramos
San Francisco	519.000	0.256	133.044
Finlandia	36.000	0.236	8.529
Hércules p. Co., 345	56.000	0.447	25.045
„ „ 370	135.000	0.263	35.622
„ „ 460	1960.540	0.310	609.143
„ „ 500	2588.004	0.449	1162.833
„ „ 510	89.000	0.510	45.390
„ „ 525	1812.079	0.392	710.789
„ „ 645.650	134.000	0.313	42.032
Vetas del Norte	7.000	1.059	7.417
Kepler	2579.925	0.428	1105.788
Leyden	6697.964	0.517	3467.839
Potomac	12861.623	0.625	8048.174
Residuos de pepena	48.500	4.165	199.940
Sobrantes en patio	1972.085	0.545	1074.406
Suma	31496.720	0.529 (promedio)	16675.991
Metal de exportación	119.699	14.266	1713.165
Total	31616.419	0.581 (promedio)	18389.156

Año de 1918

LABOR	Extracción	Ley plata por tonelada	Contenido en plata mixta
	Toneladas	Kilogramos	Kilogramos
San Francisco	70.000	0.302	21.161
Hércules p. Co., 330	94.000	0.296	27.863
„ „ 350	36.000	0.350	12.600
„ „ 375	30.000	0.331	9.932
„ „ 400	1964.000	0.286	562.972
„ „ 430	33.000	0.430	14.190
„ „ 500	1384.000	0.371	514.868
„ „ 515	29.000	0.200	5.800
„ „ 525	3839.000	0.354	1360.960
Vetas del Norte	1.000	0.500	0.500
Hércules p. Co., 146	146.000	0.347	50.580
Kepler	718.000	0.491	352.630
Leyden	6328.000	0.533	3374.360
Potomac	20099.000	0.537	10808.632
Residuos de pepena	1076.253	1.268	1364.877
Sobrantes en patio	4277.151	0.531	2273.390
Suma	40124.404	0.517 (promedio)	20755.315
Metal de exportación	325.093	10.780	3503.656
Metales plomosos	146.198	0.288	42.175
Total	40595.695	0.601 (promedio)	24301.146



Fotografía número 7. Vista del mineral de "El Chico" desde la Peña del Cuervo. En segundo término, el cerro de Arévalo, con el crestón de la veta de ese nombre.

Fotografía número 8. Presa de la Estanzuela. Vista tomada desde el llano, al Sur de "Las Monjas."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

El Mineral de El Cardonal fué descubierto a fines del siglo XVI, por el español don Antonio de Villaseca, y se llamó el Mineral del Plomo Pobre, a causa de la pobreza en plata de las barras de plomo obtenidas de sus minerales plumbíferos. Este centro minero fué uno de los del país en que se trabajaron por primera vez minas de plomo, a raíz de la conquista. La primera mina que se trabajó fué la conocida con el nombre de San José, y parece que la compañía alemana de Elberfeld trabajó también en esta región las minas de San Joaquín y Saltillo, por los años de 1825-28, así como 19 pequeñas minas en el Mineral de Pechuga. En 1826 la antigua Compañía del Real del Monte y Pachuca llevaba trabajos en las minas de San Francisco, Guadalupe y don Martín, de ese Mineral. Muy posteriormente, por el año de 1880, esta misma Compañía trabajaba las vetas auríferas de San Clemente, y don Epitacio Barrera, y los señores Zenil, trabajaban entonces la mayor parte de las minas de El Cardonal, siendo las principales: San Antonio El Viejo, La Soledad, La Derrumbada y San Joaquín. La extracción semanaria de la primera, era de 30 cargas (de 10 arrobas) de mineral, y de 150, la de la última, alcanzando los labrados de aquellas minas de 150 a 250 metros de profundidad. El señor ingeniero don Carlos F. de Landero visitó esta región minera, por esa época, y en una nota fechada en el Mineral de Bramador, el 10 de octubre de 1880, que comunicó a la Sociedad de Ingenieros de Jalisco, da acerca de las minas de El Cardonal y San Clemente muy interesantes datos; estima, de una manera aproximada, la producción anual de El Cardonal en ese año, en 7,000 quintales de plomo y 2,000 marcos de plata, y en cuanto a la cantidad de minerales auríferos beneficiados en San Clemente, dice, que serían a lo sumo de 500 cargas anuales, y el oro producido 100 marcos. Señala también el señor Landero, como procedente de El Cardonal y Zimapán, a los ejemplares de vanadinita o "plomo pardo," en los que el sabio mineralogista, don Andrés Manuel del Río descubrió el vanadio, o como él lo denominó "eritronio," habiendo sido de El Cardonal el que analizó cuantitativamente, y cuyo análisis confirmó el químico Wöhler.

Con respecto al Mineral de La Bonanza, hemos podido reunir los siguientes datos históricos, algunos de los cuales oímos de boca de varios de los mineros viejos de esa región. Parece que ese Mineral fué descubierto por unos gambusinos, que el año de 1790 emprendieron trabajos superficiales en los lugares en que se encuentran las minas de San Cayetano y La Cucharilla. Los frutos que obtenían de sus trabajos provenían de los crestones de las vetas, eran ricos en plata, y los vendían en el Mineral de Zimapán. Siguieron sus trabajos hacia el W. de la cañada de Bonanza, en donde abrieron una cata que llamaron de La Soledad, y un pequeño socavón, al cual pusieron el nombre de Las Animas, y parece que pudieron sostener sus trabajos por más de treinta años, hasta que en 1825, la casa de Bustamante, rescatadora de minerales en Zimapán, viendo la constancia y alta ley de los metales de estas minas, compró sus derechos a los buscones y las denunció. Los nuevos poseedores continuaron los trabajos hacia el W., empleando como operarios a los mismos buscones, hasta que les faltó aire en las labores, y entonces abrieron otro socavón, al que llamaron El Zapote, y además una lumbrera. Con los trabajos cortaron una intersección de vetas que fué sumamente rica, y que explotaron hasta la profundidad de 50 metros, hasta salir de los límites occidentales de sus pertenencias, por lo cual fué necesario, en 1853, denunciar la mina limítrofe que se llamó de Santo Domingo. En el año de 1865, hubo un fuerte temporal que formó crecientes que inundaron y arruinaron las labores profun-

das de la mina de El Zapote, limitándose la exploración a las labores altas, que fueron desbordadas y arruinadas también, hasta el año de 1877, en que se comenzó el desagüe y desazolve de estas minas y se trazó un tiro general, cerca de la guarda-raya de Santo Domingo. En 1883 las minas principales de Bonanza eran las de San Judas, Don Martín (en desagüe), El Zapote (inundada), El Rosario, San Francisco, Mezquite, Santo Niño, San Fernando, La Cruz, Guadalupe y Maravillas. La ley media de los minerales de esta región eran por esa época (1), de 2 marcos de plata por carga, de 12 arrobas (3 kilos 480 gramos por tonelada), y algunas minas producían 500 cargas semanariamente. En 1910, este Mineral estaba floreciente; pero en la actualidad se encuentra totalmente paralizado, con la mayoría de sus minas inundadas, y su caserío destruído, casi por completo.

La historia del mineral de Zimapán comienza con el descubrimiento de la mina de Lomo de Toro, hecho por el indio Lorenzo Sabra, el año de 1632 (2). Esta mina, que es la más antigua del Mineral, y famosa por haber sido trabajada de una manera continua, durante un período de 200 años, durante el cual dió abundantes productos. En 1793 don Angel de Bustamante, Marqués de Batopilas, disfrutó una importante bonanza en esta mina, según Sonneschmidt (3), algunos de sus clavos produjeron más de 124,000 quintales (5,704 toneladas) de plomo. Sus minerales han sido relativamente ricos aunque muy rebeldes; contienen un alto por ciento de plomo, casi siempre argentífero, como puede verse por los análisis que constan en el siguiente cuadro:

LEYES DE ALGUNOS LOTES DE MINERALES DE LA NEGOCIACION DE LOMO DE TORO, EXISTENTES EN LA HACIENDA DE SAN ANTONIO

(Metales extraídos antes de 1917)

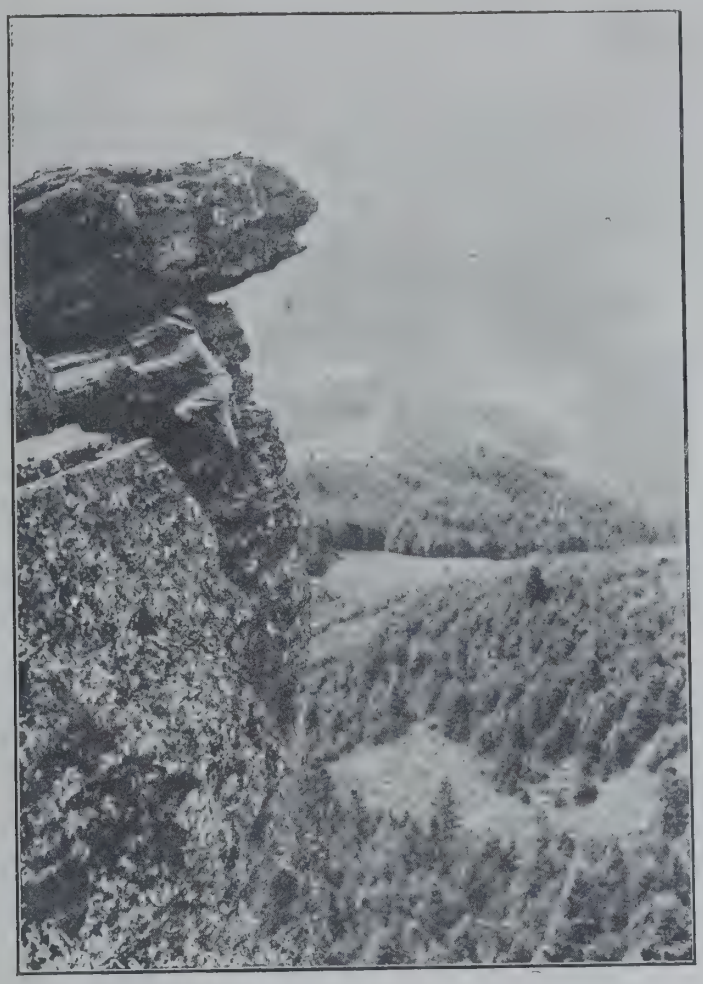
PROCEDENCIA	Ag. — Kilos	Pb. — Por ciento	Fe. — Por ciento	CaO. — Por ciento	SiO_2. — Por ciento	S. — Por ciento
Bota, metal común	0.440	16.8	10.94	17.00	18.0	5.30
Bota, metal cuajado.....	0.570	15.2	21.63	2.73	25.0	2.47
San Antonio, común.....	0.692	15.0	11.11	24.70	21.0	3.38
San Antonio, cuajado.....	0.900	20.4	11.95	15.75	28.7	4.75
Todos Santos (La Ortiga).....	0.730	13.9	28.35	2.80	3.02	3.75

Según datos que adquirimos en el despacho de esta negociación, en Zimapán, puede apreciarse la ley mínima de los metales procedentes de esta mina, en un 8% de plomo y 200 gramos de plata, y la máxima en un 68% de plomo y 2 kilos 900 gramos de plata, por tonelada. Los metales procedentes de la labor de Los Bronces, situada ya en la zona profunda de mineralización del criadero que se ha explotado en esta mina, contienen también una alta proporción de blendas que hacen subir su ley de un 18% a 20% de zinc. Hay tam-

(1) Informe rendido por D. Ismael Castelazo, a la Secretaría de Fomento, sobre la mina de El Zapote. Min. Méx. Tomo X. Número 21. Pág. 244.

(2) Dahlgren, loc. cit. Pág. 216.

(3) Humboldt, Essai sur la Nouvelle Espagne, Paris, 1808, Livre IV, Pág. 495.



Fotografía número 9. Peña de El Zumate.

Fotografía número 10. Peña de El Cuervo.

UNIVERSITY OF ILLINOIS

bién otras minas antiguas, como las de Cañas y Santa Rita, que han sido bonancibles. La última mina citada dió al Marqués de Batopilas (quien trabajó, además las minas de Pamplona, La Iglesia y Cerro Colorado) por los años de 1791 a 1793, utilidades que se hacen ascender a más de cien mil pesos anuales (1).

En el período de cuatro años comprendido de 1785-1788 (2), produjo Zimapán minerales que fueron tratados por fundición, por valor de $1.976,000.00, y los minerales tratados por el procedimiento de patio produjeron $9,720.00. Los Condes de Regla llevaban a su hacienda de Regla mucha de la galena argentífera procedente de las minas de Zimapán, especialmente de la mina de Lomo de Toro, para ser empleada como fundente en los hornos y vasos de aquella hacienda, y mucha de la tubería de plomo que existía por esa época en la ciudad de México, procedía también de las minas mencionadas.

La antigua compañía de Real del Monte y Pachuca (3) trabajó en este Mineral por los años de 1825-1828 la mina de Lomo de Toro, y en esta misma época la compañía anglomexicana, trabajó con capital de un millón de libras esterlinas, las minas de La Cruz, San Fernando, Guadalupe y otras pequeñas. En cuanto a la plata producida por Zimapán, los datos de la Casa de Moneda, relativos a los años de 1830 a 1840, acusan una producción de barras procedentes de este centro minero, de 200 anualmente.

En 1883 existían denunciadas en Zimapán y sus alrededores 25 minas (4), siendo las principales, Lomo de Toro, Santa Rita, La Providencia, San José de la Cruz, San Pascual, Santa Rosalía, Pamplona, San Fernando, San Lucas, Cerro Colorado y La Iglesia.

En la actualidad la propiedad minera en Zimapán está muy dividida; hace mucha falta potencia eléctrica para mover las minas, y puede decirse que las negociaciones más importantes trabajan en escala reducida, y que a causa de la división de la propiedad minera, no es posible en algunas compañías, desarrollar bastante sus laboríos, sin invadir las propiedades contiguas. Todo el plomo que se extrae de las minas, tanto en este Mineral como en El Cardonal, se convierte en "greta," cuyo valor en el mercado varía de 350 a 400 pesos la tonelada. Las principales negociaciones que estaban trabajando en la época de nuestra visita, en ese Mineral, eran: La Compañía Fundidora y Minera de Zimapán, la Hidalgo Copper & Smelting Company, y la negociación minera de los señores Preisser. La compañía primeramente citada trabajaba en pequeña escala las minas de El Rosario, Santa Gorgonia, La Candelaria, San Gerónimo, Poder de Dios y Las Animas; la segunda, las minas de Concordia, Nevada y Purísima, y la última las minas de San Francisco y Balcones; además, varios particulares llevaban explotaciones y exploraciones en muy pequeña escala en algunas minas que les daban utilidades muy cortas; pero suficientes para vivir de una manera precaria. Entre las minas paralizadas citaremos en primer lugar, la de Lomo de Toro y sus anexas; esta mina que pertenece en la actualidad a don Enrique Langenscheidt, está paralizada, sin causa aparente, pues tiene una existencia de mineral acumulada en uno de sus salones interiores, y en los patios de su Fundición de San Antonio, suficiente para ponerla en actividad; sus hornos y maqui-

(1) Ward, loc. cit. Tomo I. Pág. 441.
(2) Dahlgren, loc. cit. Pág. 217.
(3) Ward, loc. cit. Tomo I. Pags. 405 y sig.
(4) Dahlgren, loc. cit. Pág. 216.

naria, están desde su instalación sin uso alguno y en perfecto estado de conservación. Las otras minas paralizadas son: La Cruz y Anexas, Pamplona, Guanajuato, San Pascual, Santo Niño, La Ortiga, Cincinato, Resquicio, Cañas, La Zarabanda, El Espíritu, El Carmen, Nuestra Señora, Los Rusios, Malacate, San José Volador, Las Espinas, La Constancia y otras muchas, la mayor parte a causa de escasez o falta de capital. Otra de las causas es también la lejanía de las fundiciones, pues la mayoría de estas oficinas metalúrgicas se concentran dentro del perímetro de Zimapán, quedando por esto a bastante distancia de muchas de las minas, gravando así los fletes hasta una cantidad de $13.00 por tonelada, fluctuando los fletes más bajos de $4.00 a $5.00 por tonelada. El transporte se hace casi siempre por medio de acémilas, que exigen pasturas que escasean mucho en la región. Por otra parte, los jornales son más bajos que en El Cardonal y Pachuca y ha habido, por consiguiente, una emigración de brazos que hacen falta para el desarrollo de la industria minera en este Distrito.

Los criaderos de San José del Oro y La Encarnación, parecen también bastante antiguos, pues Burkart (1), que visitó en el año de 1828, dice que el criadero de oro de La Santísima Trinidad, situado en el Mineral al principio citado, producía, a mediados del siglo XVIII, 150 marcos de oro (34.800 kilogramos) semanariamente; pero que en los últimos años anteriores a la fecha en que él estuvo, se había trabajado en muy pequeña escala, y que muchos de sus labrados habían quedado destruídos desde hacía más de cincuenta años. Según Burkart, esta mina fué tomada en arrendamiento por la compañía de Elberfeld, que la abandonó poco después.

La explotación de los criaderos de fierro de La Encarnación, dió origen a la fundación de la Ferrería del mismo nombre, cuyo edificio moderno fué construido por el súbdito inglés don Juan Han, por el año de 1854, existiendo después otra ferrería, la de Guadalupe, algo distante, que reconocía como centro a la de La Encarnación. El fierro dulce extraído en este establecimiento ha sido de primera calidad en el país y fué experimentado por el metalurgista W. Fairbairn en Inglaterra, en el año de 1870, con muy buenos resultados (2), pues la resistencia de la ruptura fué de 54.143 libras por pulgada cuadrada. Este "fierro dulce" producido se ha empleado por mucho tiempo en el país, en la fabricación de hierro en barras redondas y hierro solera, que se utilizaban en la construcción de balcones, rejas, barrenas (calzadas de acero), llantas, etcétera, y también se hacían en esta Ferrería piezas de fierro colado, como almadanetas, alcribices, ruedas de engrane, ejes, planchas para morteros, etc.

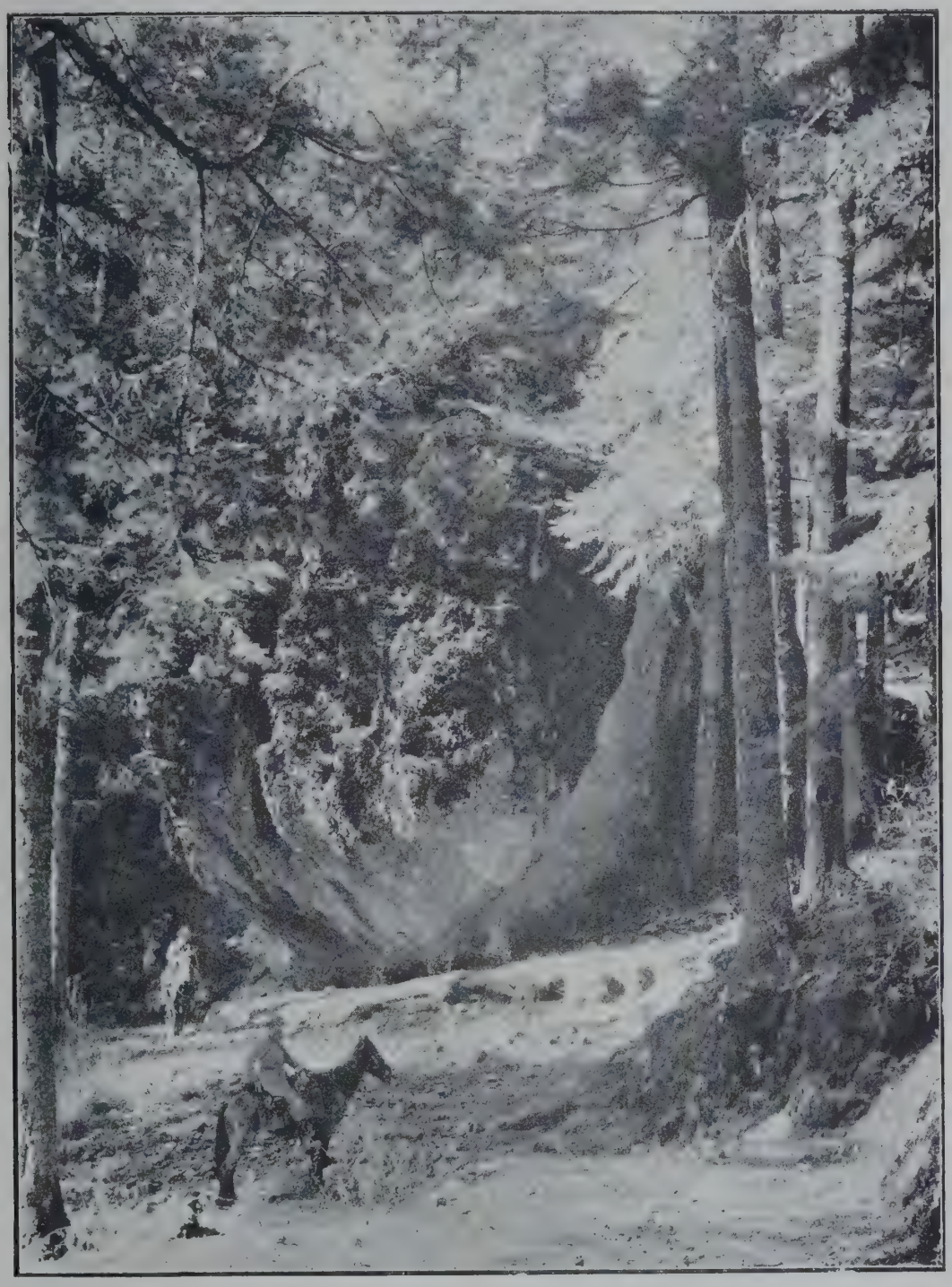
En el año de 1900 se ocupaban en dicho establecimiento cien hombres, diariamente, de los cuales trabajaban cincuenta de día y cincuenta de noche; había, además, 40 hombres en las minas que empleaban para el tumbe, solamente el marro y la barrena. Todavía en el año de 1910 estaba en trabajos activos esta Ferrería, que en la actualidad se encuentra completamente paralizada, con su alto horno, cuya producción fué de 500 quintales (23,00 kilogramos) por semana, en buen estado; pero con la mayoría de su maquinaria completamente inservible.

La Encarnación cuenta actualmente con unos 900 habitantes, que viven,

---

(1) Burkart, loc. cit. Tomo I. Pág. 307.

(2) Informe sobre la Ferrería de La Encarnación, por F. Ferrugia Manly. Minero Mexicano. Tomo II. Núm. 4. Págs. 58 y sig.



Fotografía número 11. Enorme block de andesita rodada, conocido con el nombre de "Piedra Sentada," en el camino de herradura del mineral de "El Chico" a Pachuca.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

en parte de la agricultura, y en parte del tráfico del camino a Jacala, que pasa por este lugar, estando enteramente paralizadas todas las minas de sus alrededores.

Por los datos históricos y estadísticos que hemos expuesto en esta breve reseña, se ve: que la mayoría de los centros mineros comprendidos dentro de la zona estudiada, han sido trabajados en pequeña escala, no obstante que algunos de ellos han dado productos de cierta consideración; que algunos están aislados en cierto modo del resto del país, por su situación geográfica y la falta de vías de comunicación, las que se encuentran, en la actualidad, como se ha dicho antes, en muy mal estado; que en otros, la propiedad minera está muy dividida, necesitándose grandes empresas que, al tomar grupos de estas pequeñas minas, amplíen y uniformen su exploración y su explotación, y que faltan ciertos elementos para el desarrollo de la industria minera, tales como son: potencia eléctrica, brazos, fáciles transportes locales de las minas a las oficinas metalúrgicas y su comunicación rápida con el resto del país.

CAPITULO III

FISIOGRAFIA E HIDROGRAFIA

GENERALIDADES

Dos sistemas montañosos, derivados de la Sierra Madre oriental recorren el territorio del Estado de Hidalgo: uno atraviesa su parte Oriente, desde Tulancingo hasta Huejutla, y el otro su porción occidental desde Pachuca hasta Jacala. Estos dos sistemas que pueden considerarse como las últimas estribaciones hacia el Poniente de aquella importante cordillera, están separados entre sí por el río Amajac. Como hemos dicho antes, la zona recorrida coincide en gran parte de su extensión, con el sistema de Occidente, y, estando situados en éste los centros mineros y criaderos minerales estudiados, nos ocuparemos aquí solamente de la fisiografía e hidrografía de este último sistema.

Fisiográficamente, se caracteriza la zona por dos sierras importantes que se levantan en cada una de sus extremidades SE. y NW., ambas de constitución geológica y aspecto físico diferentes, y ligadas por elementos secundarios de relieve, cuyas crestas siguen una dirección general paralela a la del curso del Amajac, y entre las cuales se alojan dos extensos valles intermedios, que son los de Actopan e Ixmiquilpan.

El relieve topográfico de la zona comprende alturas absolutas que varían entre mil, y más de tres mil metros, pudiendo distinguirse como eminencias notables las siguientes: Ventanas del Chico (3,086 metros), Peña del Zumate (3,060 metros), Organos de Actopan (2,977 metros), Las Monjas (2,920 metros), en la sierra de Pachuca; y en la sierra de Zimapán, los cerros de Juárez (3,045 metros), La Muñeca, Roqui, Pechuga, Buena Vista y Cangandó (2,852 metros). Al final de este capítulo, damos una lista de las alturas barométricas observadas durante nuestra excursión, que permite apreciar estas variaciones.

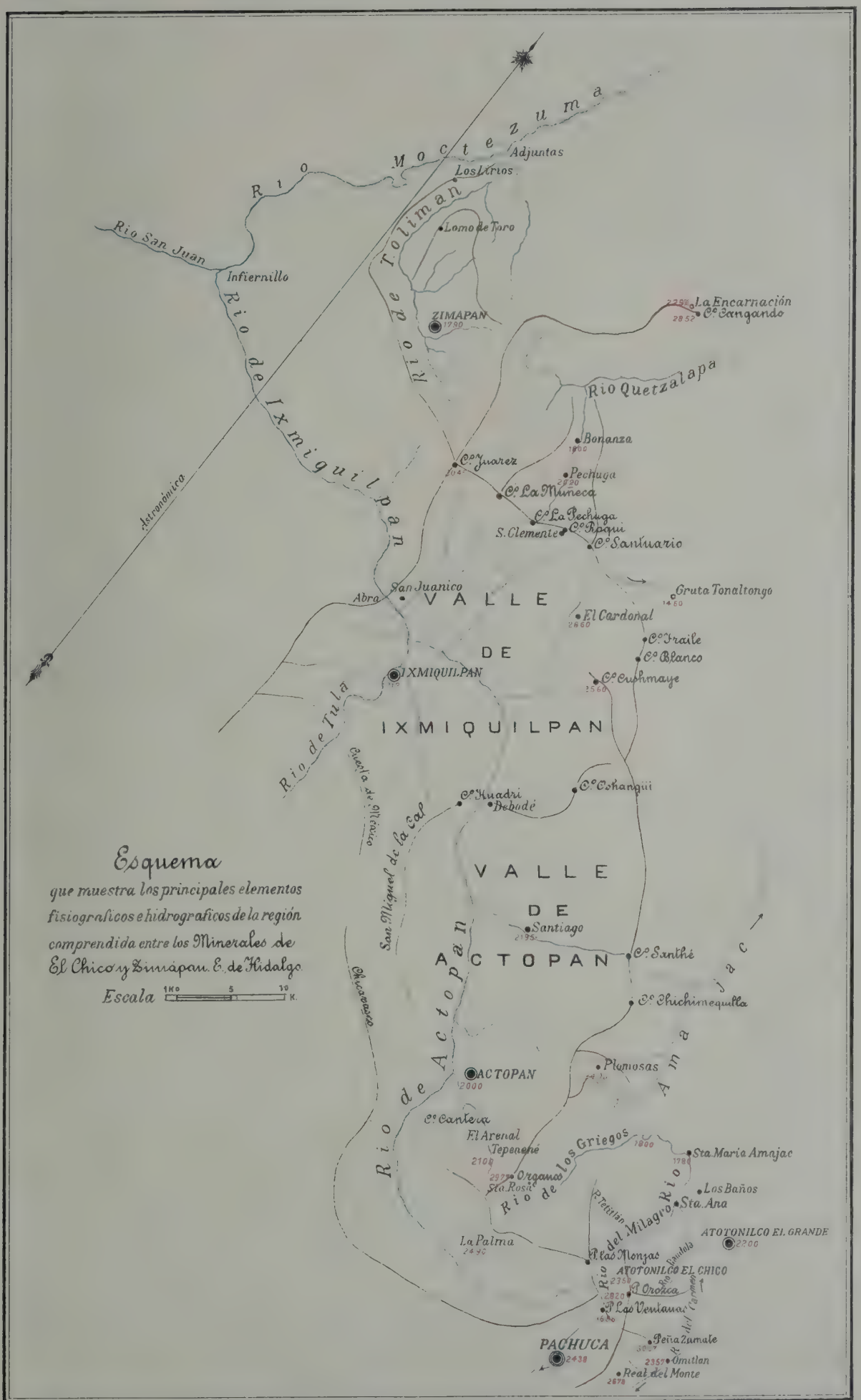
Este relieve topográfico se ha formado en diversas y sucesivas épocas, correspondiendo a las mayores alturas absolutas los elementos geológicos más modernos; así vemos, por ejemplo, que las alturas de 3,086, 3,060, 3,045, y otras, que figuran como las más elevadas; corresponden a las eminencias constituídas por andesitas, dacitas o riolitas que pertenecen al grupo de rocas jóvenes de la región.

La línea general de división de las aguas de este relieve topográfico, la que hemos tratado de representar en el esquema adjunto (Lámina N.º 2), con tinta siena, sigue, partiendo de la Peña del Zumate, un curso sinuoso con dirección general aproximada de SE. a NW., y termina en el cerro de Los Lirios. La vertiente hacia el NE., de esta parte-aguas, tiene por límite el cauce del río Amajac, río que recoge todas las aguas, directamente o por medio de afluentes de poca extensión. Hacia el extremo NW. de la línea, las aguas reconocen al río Moctezuma, bien por medio de la barranca de Tolimán o bien por las corrientes que bajan de las montañas de La Encarnación hacia el mismo río. Las aguas del S., SW. y W. de la línea se vierten al Valle de México, las del extremo meridional y las de la parte media occidental, a la importante cuenca formada por los valles unidos de Actopan e Ixmiquilpan. Subordinados a esta línea general de división de las aguas existen sistemas de parte-aguas que se indican también en el esquema, y que corresponden a cuencas hidrográficas de menor importancia. Por ser de gran interés el estudio de estos sistemas de parte-aguas, sobre todo para el régimen hidrológico de la región, nos ocuparemos más adelante, en detalle, de cada uno de los tramos que comprenden, bastando, por el momento, con los rasgos de conjunto que acabamos de señalar.

Trataremos ahora en general, para hacerlo después con detalle, de cada una de las unidades fisiográficas que hemos señalado antes, comenzando por la extremidad SE. de la zona, es decir, siguiendo el mismo orden en que fué recorrida. Este orden se adapta, además, a una clasificación que pudiera llamarse natural, dado el carácter de las formaciones geológicas en que arman los criaderos minerales, pues, en tanto que en El Chico, Capula, Santa Rosa y Tepenené, las montañas están constituídas por rocas ígneas, muchas de ellas eruptivas, en Actopan, Cardonal, Bonanza y Zimapán, están formadas en su mayoría por rocas sedimentarias mesozoicas. Las sierras constituídas por estas últimas rocas afectan, casi siempre, un carácter fisiográfico diferente a las de origen eruptivo, y alcanzan, en lo general, una variabilidad y una diversificación fisiográfica mucho mayor que éstas. En las crestas de las sierras eruptivas el trabajo continuado de la erosión, ayudado algunas veces por ciertos accidentes tectónicos, ha modelado los preciosos grupos que más adelante describiremos. Tanto en esta extremidad SE. como en la opuesta, del NW., se presenta una exuberante vegetación, en la que predominan las plantas resinosas, lo que origina un marcado contraste con la región central, pues en ésta desaparece esta vegetación arbórea y es sustituída por plantas espinosas, entre las cuales sobresalen por su gran tamaño, las biznagas, y por su abundancia los cardos, particularmente en algunos sitios de los valles de Actopan e Ixmiquilpan.

Hemos dicho que la extremidad SE. de la zona está constituída por la sierra de Pachuca, formada casi en su totalidad por material eruptivo, la cual ha sido ya definida por Aguilera y Ordóñez (1), como sigue: "...forma parte

(1) "El Mineral de Pachuca." Boletines números VII, VIII y IX, del Instituto Geológico de México. pág. 21.



Esquema

que muestra los principales elementos fisiograficos e hidrograficos de la región comprendida entre los Minerales de El Chico y Zimápan. E. de Hidalgo.

Escala 1 Ko 5 10 K.

Talleres Graficos de la Nación

UNIVERSITY OF ILLINOIS

Fotografía número 12. Peñas de "Las Ventanas" y llano de "La Sabanilla," entre Pachuca y "El Chico," por el camino de herradura.

Fotografía número 13. Peñas de "Las Ventanas." Porción al NW. (Erosión causada por las lluvias.)

OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

del límite NE. de la gran cuenca de México, y se halla comprendida entre los 19° 56′ y 20° 18′ de latitud N. Orográficamente considerada no presenta una absoluta individualidad; pues que ambos extremos se confunden con nuevos accidentes de relieve, dependientes de otros elementos montañosos importantes; pero su diferente naturaleza geológica, y la rapidez de descenso de sus vertientes, constituyen las características necesarias para permitir su limitación dentro de las latitudes mencionadas."

Corresponde únicamente a nuestro estudio la vertiente septentrional de esta sierra que está limitada hacia el S. por la cresta de la misma, que va desde El Zumate, al E., hasta Los Organos de Actopan al W., siguiendo una línea sinuosa que toca los picos principales. Esta línea hace la división de las aguas que al descender por las faldas del N. y del NE., van a verterse al Amajac, de las que por las faldas meridionales, reconocen al Valle de México. En las faldas N. y NE. de esta sierra, quedan ubicados los Minerales de El Chico y Capula.

De los Organos hacia el N., y formando un ángulo casi recto con esta cresta, se continúa la sierra en su parte más elevada, hasta un punto llamado Chichimequilla. Hacia la parte media de este tramo y al E., se desprenden dos poderosos contrafuertes que mueren bruscamente en el río Amajac (véase la fotografía número 40, que da idea completa de la fisiografía de este tramo). La falda E., en esta parte de la sierra, es muy escarpada y termina de repente en el río, el cual parece haber cortado a tajo su curso, allí, para formar profundos abismos, como el que se contempla desde el tiro de la mina de El Aguila, situada en la cumbre del cerro del Petate. La línea de la cresta, desde Los Organos hasta Chichimequilla, hace la división de las aguas que se vierten por el Oriente en el Amajac, de las que, por el Poniente concurren al valle de Actopan. Casi al pie del grupo rocalloso de Los Organos, hacia el E., está ubicado el Mineral de Santa Rosa, y hacia el W., el de Tepenené. En las faldas de los contrafuertes mencionados que se desprenden al E., se hallan los criaderos plumbíferos de Las Plomosas y La Negra.

Continúa la serranía hacia el NW., hasta los cerros Blanco y del Fraile, sirviendo su cresta de parte-aguas entre los sistemas hidrográficos dependientes del Amajac, y los concurrentes al valle de Actopan. Del grupo que termina con el cerro del Fraile, hacia el S., se desprenden algunas eminencias formando una cadena interrumpida, doblemente arqueada, que separa los valles de Actopan e Ixmiquilpan, valles cuya altura media sobre el nivel del mar es de 2,000 metros y 1,700 metros, respectivamente.

Otro tramo del eje comienza en el cerro del Fraile y termina en el cerro Juárez, siguiendo una dirección casi de Oriente a Poniente. La falda meridional, de pendiente moderada, vierte sus aguas al valle de Ixmiquilpan, y la septentrional, que es muy accidentada, es tributaria del Amajac, por corrientes que bajan siguiendo barrancas más o menos importantes, entre las cuales citaremos como notables a las de Tonaltongo y Bonanza. Esta última barranca nace al pie del cerro de Pechuga, se llama después cañada de Bonanza, y recibe más adelante los afluentes de carácter torrencial, que bajan de los contrafuertes derivados del eje de la sierra en este tramo, y los que vienen de las montañas de La Encarnación; por último, siguiendo un curso sinuoso al NE., va a reunirse al Amajac, con el nombre de río de Quetzalapa. A uno y otro lado de esta barranca, y cerca de su origen, se hallan ubicados los Minerales de Pechuga y de Bonanza.

Respecto del tramo que nos ocupa, debemos hacer una aclaración nece-

saria. Como puede verse en el diagrama esquemático (Lámina 2), el parteaguas principal, coincide siempre con el eje de la sierra, esto es, une las eminencias más importantes de ella, excepto en un lugar, que está comprendido entre el cerro del Fraile y el pequeño contrafurte, al pie del cual está situada la población de El Cardonal. Este lugar, que se señala puntuado en el esquema y pertenece al valle alargado de San Miguel (fotografía número 113), parece corresponder a un tramo divagante de la línea divisioria de la aguas, siendo probable que, según las variaciones de la precipitación pluvial, reconozcan éstas, en su circulación superficial, unas veces hacia el valle de Ixmiquilpan, y otras hacia la barranca de Tonaltongo, tributaria del Amajac.

Desde el principio de este tramo hasta el cerro de Los Lirios, las eminencias pertenecen ya a la sierra de Zimapán, y alcanzan alturas considerables que imprimen al paisaje un carácter agreste e imponente. En el pequeño contrafuerte a que hemos hecho referencia, situado al N. de la población de El Cardonal, se encuentran las minas de plomo explotadas en esa región, y en los alrededores de los macizos riolíticos que forman los cerros del Santuario y El Roqui, se encuentra ubicado el Mineral de San Clemente.

Los tres tramos descritos en los párrafos anteriores, y que corresponden a los elementos de relieve comprendidos entre Los Organos de Actopan y cerro de Juárez, constituyen los límites septentrional y oriental de la cuenca formada por los valles unidos de Actopan e Ixmiquilpan. Los límites occidental y meridional de esta cuenca, están formados por las barreras siguientes: un sistema de montañas de poca importancia que nace al S. del cerro de Juárez y termina en Alfajayucan, el cual sistema está cortado por el río de Ixmiquilpan; los cerros de Xintejé y Cuesta de México, y la sierrita de Chicavasco, situada casi a la latitud de Los Organos de Actopan. Estos valles se encuentran separados entre sí, según dijimos antes, por una serie de eminencias; pero éstas no constituyen una sola unidad orográfica, sino que presentan soluciones de continuidad, estando los valles comunicados entre sí, por un paso angosto, en Debodé, lugar por donde pasa el río de Actopan al valle de Ixmiquilpan. Existen, por lo tanto, entre las sierras de Pachuca y Zimapán, dos valles intermedios, comunicados; el primero, que es el de Actopan, drenado principalmente por el río del mismo nombre, que nace en las faldas SW. de la sierra de Pachuca, y el segundo, que es el de Ixmiquilpan, irrigado en parte por el río de su nombre, y en parte por el de Actopan.

Terminado el paréntesis que nos ha sido necesario hacer para explicar el carácter fisiográfico general de la región intermedia entre los extremos de la zona, continuaremos con la descripción del relieve perteneciente al resto de la sierra de Zimapán.

El cerro de Juárez es el punto de reunión de cuatro líneas divisorias de las aguas. Nos hemos ocupado ya de dos de ellas y trataremos ahora de las que se dirigen al Poniente y al Norte de esa importante eminencia. El eje principal de la sierra continúa, en un tramo muy cortò, hacia el Poniente, y sigue después con una dirección general al NW., hasta un punto situado al W. de la hacienda de Tolimán, en cuyo punto tuerce bruscamente al NE., separando así las cuencas hidrográficas del río Moctezuma y la barranca de Tolimán. Los flancos de la sierra son, en esta región, sumamente escarpados, especialmente en los alrededores de la mina de Lomo de Toro; ambas pendientes tienen una fisonomía muy marcada de juventud, y en ellas la erosión, en constante trabajo, está haciendo que se efectúe una rápida evolu-

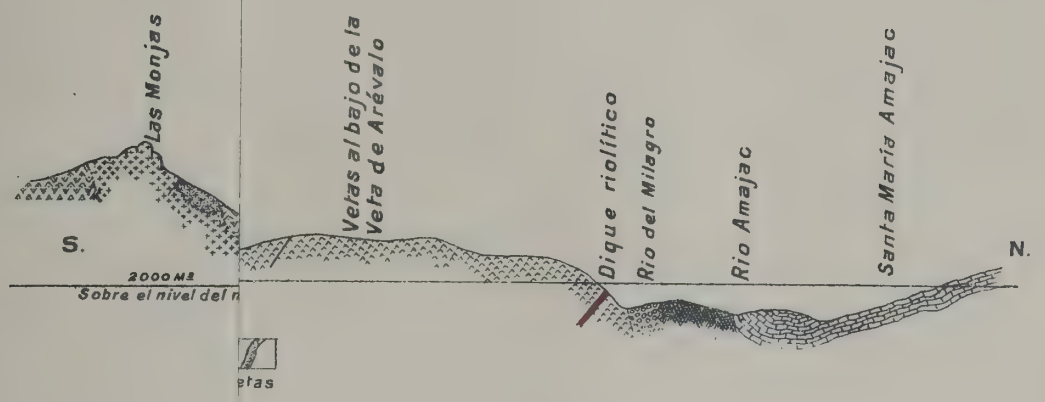
Fotografía número 14.- Peñas de "Las Ventanas" mostrando los efectos de la erosión del aire y de la erosión pluvial.

Fotografía número 15. Peña de "Las Ventanas" desde donde se percibe la topografía característica de la cuenca del mineral de "El Chico."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

EXICO

BOLETIN Nº 43. LAMINA Nº 3.



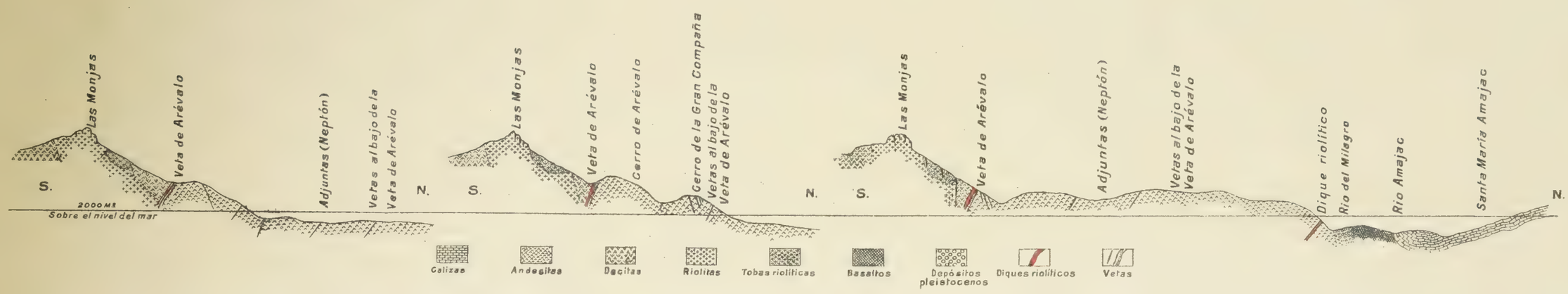
TALLERES GRAFICOS DE LA NACION.

PERFILES GEOLOGICOS.

MINERAL DE "EL CHICO"

DIRECCION DE LOS PERFILES: N. S.

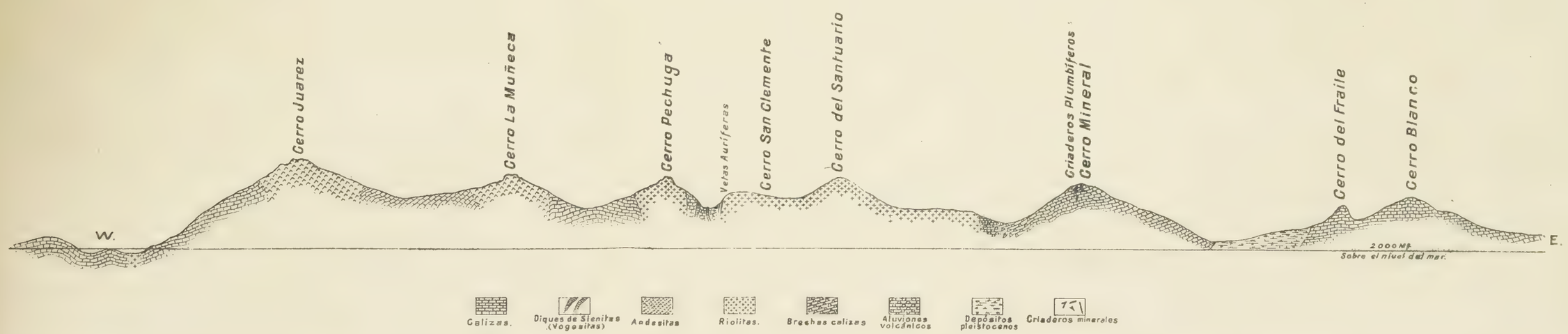
ESCALAS { HORIZONTAL 1: 100.000. VERTICAL 1: 50.000.



MINERAL DE "EL CARDONAL"

PERFIL DE LA SIERRA DE JUAREZ AL CERRO BLANCO.

ESCALAS { HORIZONTAL 1:100.000. VERTICAL 1: 50.000.



TALLERES GRAFICOS DE LA NACION.

PLANO

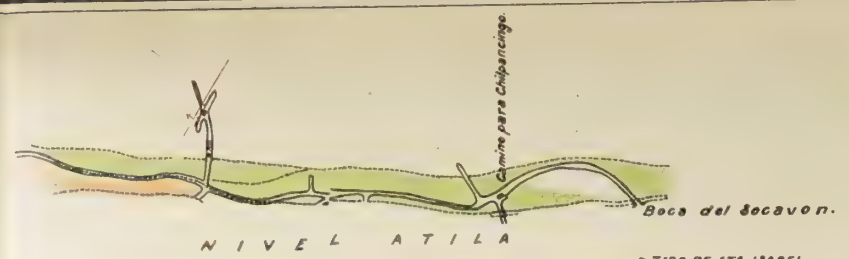
de los niveles abiertos en la mina de

ARÉVALO

que muestra las relaciones de la veta con el dique rhyolítico.

Mineral de El Chico. Edo. de Hidalgo

Escala [illegible] M.



EXPLICACION DE LOS SIGNOS

Veta ..... Dique .....

Pixtle (vidrio rhyolítico) ..... Diaclasas .....

NOTA: La distancia horizontal de los niveles es proporcional a su separacion vertical y los números en los cruceros y pozos indican distancia horizontal en metros, de ellos al corte de la veta por el Socavón Neptón.

ción en las redes hidrográficas principales y secundarias que forman estas importantes cuencas, como se verá mejor cuando tratemos la parte relativa a los ríos. La fotografía número 160, da una idea bastante completa de esta evolución, no obstante las condiciones de luz en que fué tomada, a causa del tiempo lluvioso que en esos momentos prevalecía.

Del parte-aguas que del cerro de Juárez se dirige hacia el N., y se encorva más tarde para circundar a la región de Zimapán, se deriva por el Oriente la serranía de La Encarnación, cuyo eje coincide con la línea que separa las aguas que por las pendientes meridionales se vierten al río Quetzalapa (siendo por esto tributarias del Amajac) de las que por las faldas septentrionales, van a dar al río Moctezuma por numerosos afluentes. Puede considerarse limitado este sistema de montañas por el elevado pico del cerro del Cangandó (2,852 metros), a cuyo pie se asientan la población de La Encarnación y Ferrería del mismo nombre, a 2,325 metros sobre el mar, población que sirve de límite, por este rumbo, a la zona estudiada.

Los valles de Actopan e Ixmiquilpan que hemos citado como principales e intermedios, entre las dos extremidades de la zona recorrida, son valles que juntamente con los de México y Tula, forman una serie de cuencas amplias, escalonadas, que descienden sucesivamente desde México hasta Ixmiquilpan, pasando por alturas sobre el nivel del mar, cada vez más bajas, en este orden: Valle de México, 2,260 metros; valle de Tula, 2,040 metros; valle de Actopan, 2,000 metros, y valle de Ixmiquilpan, 1,790 metros. Estas cuencas han sido rellenadas y niveladas por diversos materiales, entre los cuales dominan los de acarreo, y los productos cineríticos, tales como arenas, lodos y cenizas volcánicas, y por materiales de depósito químico, principalmente tobas calizas.

En la región se distinguen dos sistemas hidrográficos importantes: el formado por el río Amajac y sus afluentes, y el del río Moctezuma, con los suyos, siendo ambas redes hidrográficas tributarias del Golfo de México, pues los dos ríos citados se juntan en ángulo muy agudo, en los alrededores del Tamazunchale, ya en territorio del Estado de San Luis Potosí, desde donde continúan hacia el Golfo, reuniéndoseles más tarde el Tempoal, el río Verde y otras corrientes, formando así el importante río Pánuco, que cruza nuestros campos petroleros, y que es navegable con lanchas de gasolina, en el tramo de su curso, comprendido entre la villa de Tempoal y Tampico, puerto éste en que desagua, juntamente con el río Tamesí, y cuyo tramo final se ha hecho navegable para buques.

Estos son los rasgos generales de la fisiografía e hidrografía de la zona recorrida. En los párrafos siguientes entramos en algunos detalles, que fué necesario suprimir aquí, para no restar concisión y claridad a nuestra exposición.

ALGUNOS DETALLES

Región de Atotonilco El Chico.—La región designada aquí por nosotros con este nombre, comprende una extensión considerable de la vertiente septentrional de la sierra de Pachuca, extensión que puede considerarse limitada como sigue: hacia el S., por una línea orientada de E. a W., que parte de Omitlán y termina en el puerto de La Palma, a través de la mencionada sierra; hacia el E. y N., por un tramo del río Amajac, comprendido entre Omitlán y Sanctorum; y, hacia el W., el límite aproximado sería una línea que,

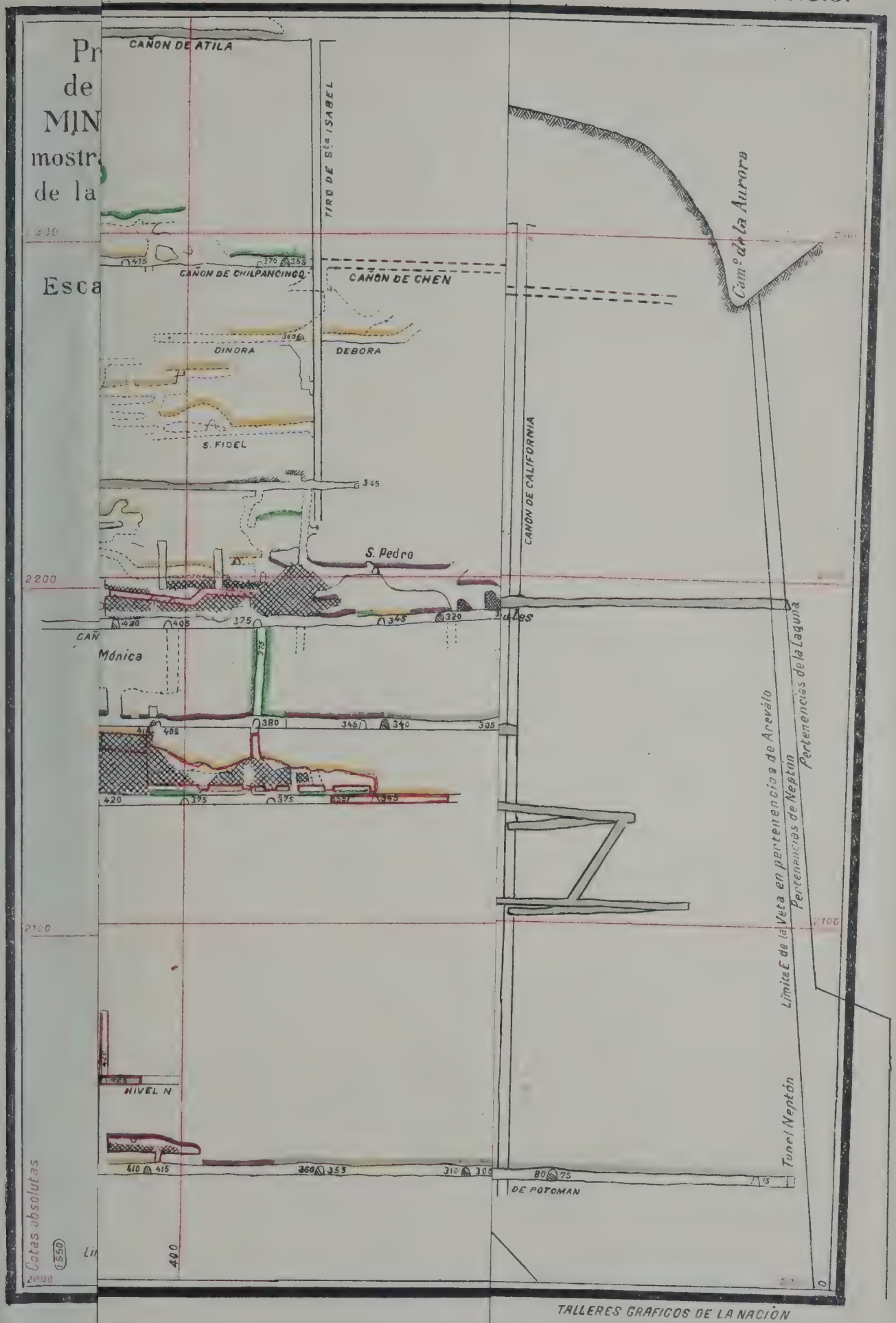
partiendo del puerto de La Palma con una dirección general de S. a N., siguiera las crestas de las montañas de Los Organos y terminara a la latitud del pueblo de Sanctorum. Esta demarcación comprende, casi en su totalidad, formaciones eruptivas, a excepción de una pequeña zona caliza que, penetrando por Sanctorum, tiene su máxima manifestación en cerro Blanco y continúa por pequeñas eminencias hacia el río Amajac, en cuyo lecho y curso superior aparecen de cuando en cuando estas rocas cretácicas, hasta quedar cubiertas por las rocas eruptivas de la sierra.

Teniendo en cuenta los límites anteriores se ve que esta región abarca las pendientes N., NE. y NW., de una parte de la sierra de Pachuca. Esta sierra comprende en esos límites, un espinazo rocalloso, cuya dirección general es de 78° NW., y en el cual se destacan, como extremos, al E., la peña del Zumate, y al W., las agudas agujas de Los Organos de Actopan (fotografía número 98), habiendo entre estas extremidades eminencias intermedias, de las cuales citaremos como notables a las Peñas de Las Monjas (fotografías números 1, 25, 26, 31, 32, 35, 36, 37, 38 y 39), Las Ventanas (fotografías números 12, 13, 14, 15, 20 y 21), El Cuervo (fotografías números 7 y 10), La Orozca, El Aguila y Las Goteras. Los contrafuertes que se derivan de esta cresta hacia el N. y NE., mueren en el cauce del Amajac, río que corre al pie de la llanura de Atotonilco El Grande. Los que se desprenden hacia el NW. terminan en el río conocido sucesivamente con los nombres de arroyo de la Yerba Buena (fotografía número 99), río de Los Griegos y Río Grande, afluente del Amajac en las cercanías de Sanctorum, siendo en estas pendientes, que unas veces se presentan escarpadas y otras suaves, donde se encuentra contenido el sistema de vetas que se explota en los Minerales de El Chico, Capula y Santa Rosa.

Resalta en esta vertiente el impresionante anfiteatro, en cuyo fonde se encuentra esparcido el caserío del Mineral de El Chico (fotografía número 2), formando el conjunto un bello paisaje que el turista contempla con frecuencia desde la plazoleta de la peña del Cuervo, arreglada expresamente para servir de excelente mirador (fotografía número 7), que se encuentra situado a 470 metros sobre el nivel de aquella población.

La sierra no termina hacia el NW., en el río Grande, como podría suponerse por lo expuesto anteriormente, sino que el puerto de La Palma forma el guión, bien pequeño por cierto, que une esta porción de la sierra con las montañas que constituyen el bordo oriental del valle de Actopan.

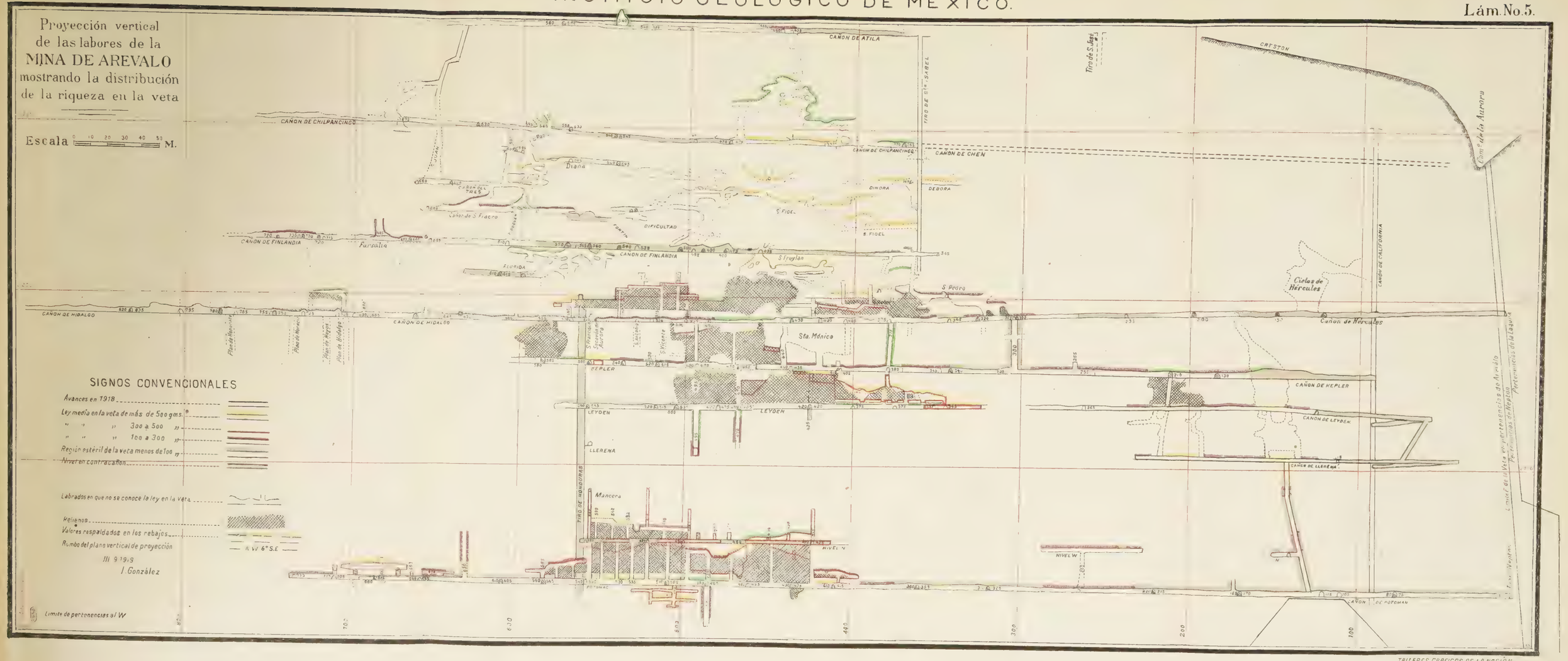
Siendo el relieve topográfico de una comarca al resultante de una continua lucha entre las fuerzas antagónicas, debidas a los agentes de la dinámica externa e interna del globo, y dependiendo este resultado de la naturaleza e intensidad de las agencias que han entrado en juego y de la constitución y estructura del suelo sobre el que han obrado, tiene necesidad el fisiógrafo de hacer referencia a cada paso, a esta constitución y estructura. No se deberá extrañar, por consiguiente, que en este capítulo, destinado exclusivamente a la fisiografía, y no a la geología de la región, citemos, como lo hemos venido haciendo, cada vez que sea necesario, el material constitutivo, disposición y actitud de las diversas unidades geológicas sobre las cuales han obrando las mencionadas fuerzas; pues esto permite explicar, genéticamente, ciertas formas del terreno. Señalaremos, desde luego, la presencia de una ancha faja dacítica que va del Zumate a Los Organos de Actopan, sobre la cual han obrado los agentes del intemperismo, a la vez que sobre las andesitas adyacentes. Siendo la dacita una andesita cuarcífera, y por consiguiente, de



TALLERES GRAFICOS DE LA NACION

Proyección vertical de las labores de la MINA DE AREVALO mostrando la distribución de la riqueza en la veta

Escala 0 10 20 30 40 50 M.



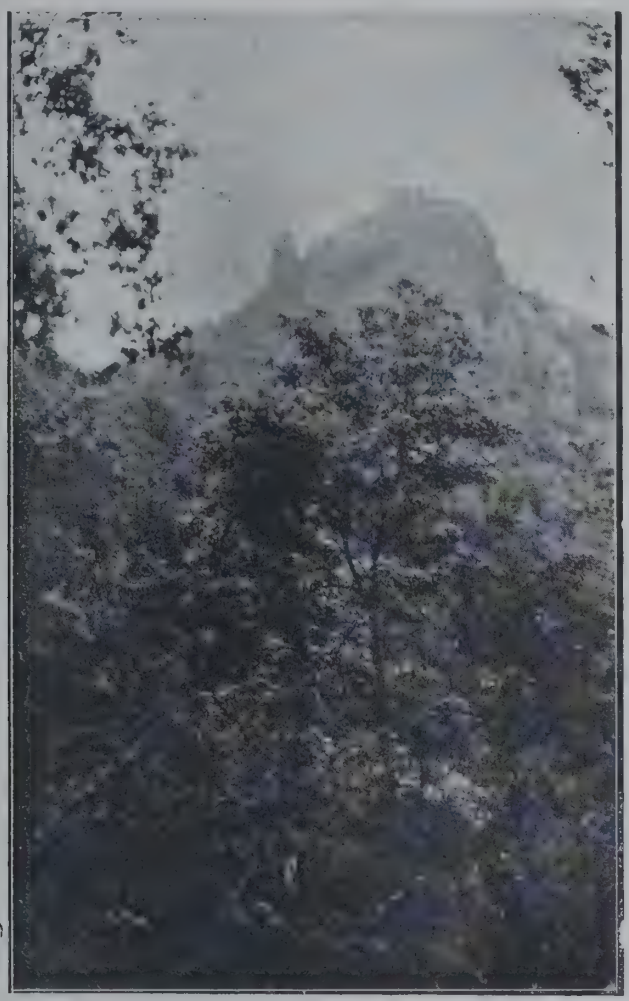
SIGNOS CONVENCIONALES

- Avances en 1918
- Ley media en la veta de más de 500 gms.
- " " " 300 a 500 "
- " " " 100 a 300 "
- Región estéril de la veta menos de 100 "
- Niveles en contracaños
- Labrados en que no se conoce la ley en la veta
- Relleno
- Valores respaldados en los rebajos
- Rumbo del plano vertical de proyección — N W 6° S.E

III 9 1919
I. González

Límite de pertenencias al W

TALLERES GRAFICOS DE LA NACIÓN

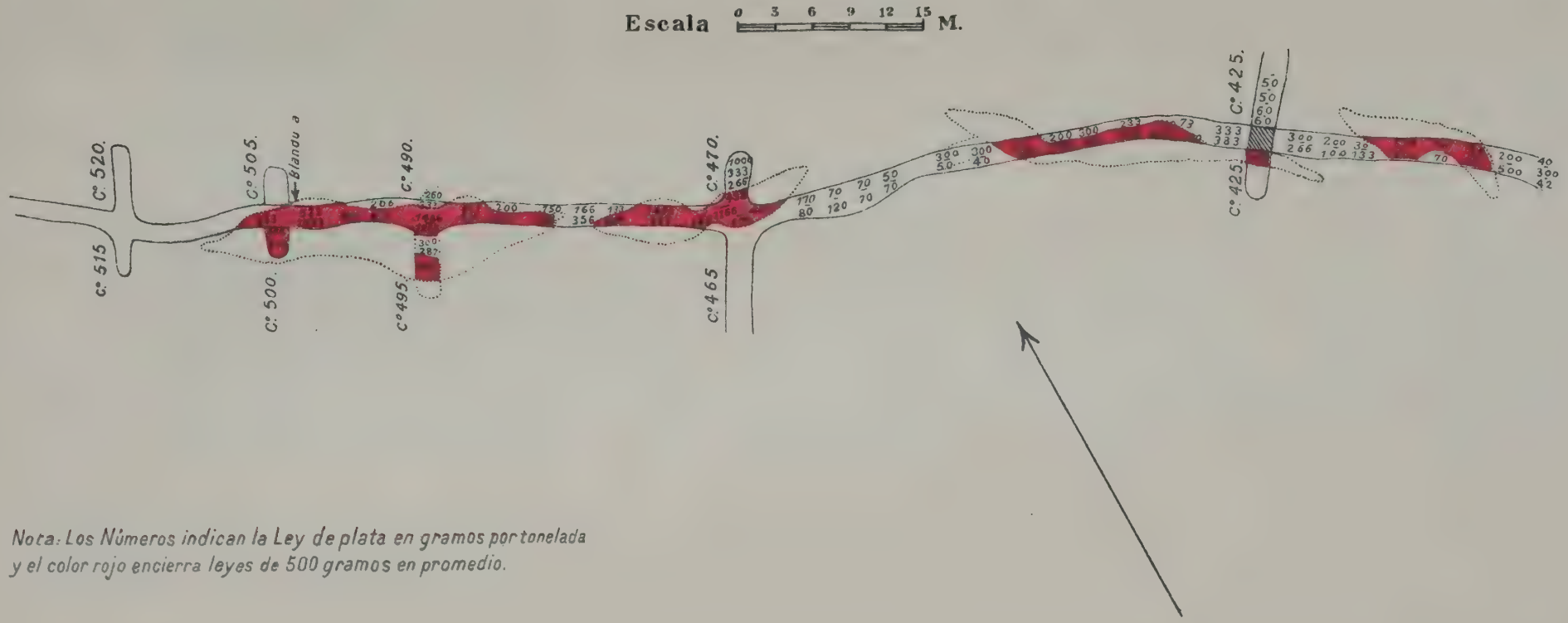


Fotografía número 16. Vista de la peña de "El Fraile," desde el antiguo camino carretero de "El Chico" a Pachuca. (Camino de "Bandola.")

Fotografía número 17. Imagen de la Virgen de la Soledad, pintada en un relís en andesita. (Detalle del antiguo camino carretero de "El Chico" a Pachuca.)

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Laborío en el Cañón de Leyden de la mina de "AREVALO," entre los cruceros 425 y 520 mts.,
que muestra la distribución de la riqueza a rumbo de la Veta



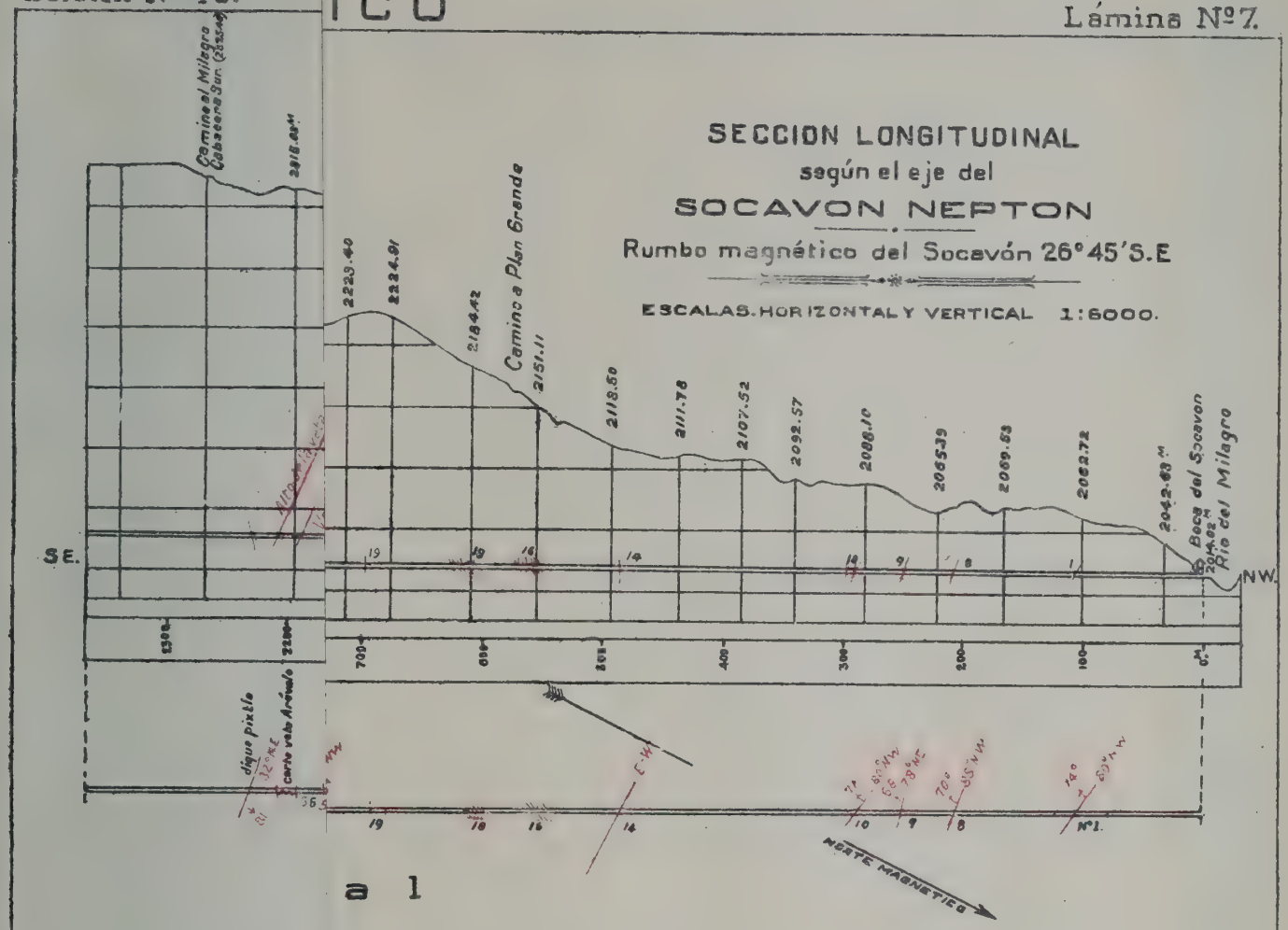
Nota: Los Números indican la Ley de plata en gramos por tonelada y el color rojo encierra leyes de 500 gramos en promedio.

Talleres Gráficos de la Nación.

del grupo principal (fotografías números 35 y 36). El descenso de esta montaña hacia el W., es abrupto, escarpado, hasta el puerto de la Cruz de Cadena, donde comienza la región de Capula, en la que el terreno desciende con pendiente moderada hacia el NW., en tanto que hacia el W. y SE. se continúa por alturas de corta elevación hasta comunicarse por el puerto de La Palma con Los Organos de Actopan.

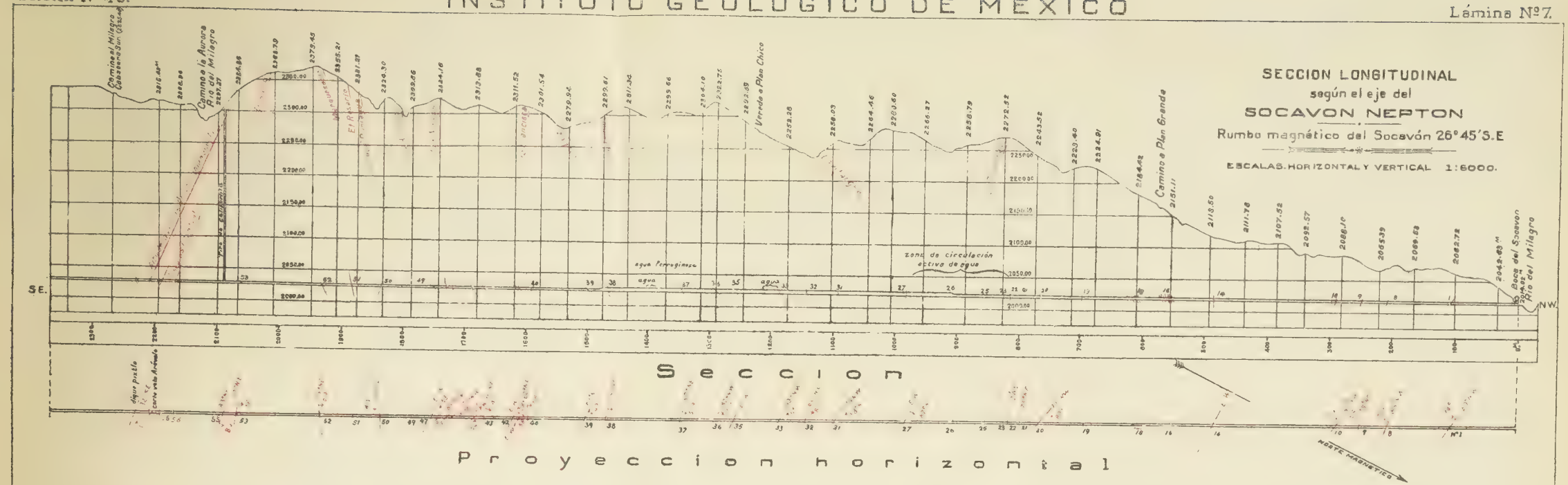
Este macizo, que es muy notable, tiene como punto culminante el grupo conocido con ese mismo nombre o con el de Los Frailes, al que la gente del lugar llama simplemente El Organo. A distancia, y visto desde las alturas situadas al Oriente de él, parece una gran catedral en ruinas, rodeada de su camposanto; visto del mismo modo desde el valle y eminencias del W., se destaca su esbelta aguja, como una enorme bayoneta que da la clara impresión de representar un cuello eruptivo disecado (fotografía número 98). El grupo está formado por un conjunto de grandes rocas, del que se yerguen dos agujas, una esbelta y pequeña que no se distingue a la distancia, y la otra de ancha base y elevada altura, y que es inaccesible, y de cuyas dimensiones podrá tenerse idea si se las compara con la pequeña figura humana que está de pie sobre una de las rocas (véase la fotografía citada). Desde esta altura se domina a satisfacción el valle de Actopan y sus contornos, por lo que es sensible que el estado del tiempo no nos haya permitido obtener una buena fotografía. Este macizo montañoso se extiende para el N., hacia la región de las minas de Las Plomosas, cambiando su constitución geológica, como ya dijimos, a la altura de Sanctorum, lugar donde desaparecen las andesitas y comienzan a aparecer las calizas. Los flancos orientales son de fuertes pendientes, menos pronunciadas al principio de la cañada de río Grande, y que se vuelven abruptas más adelante en los alrededores de Las Plomosas. La pendiente hacia el valle de Actopan es accidentada, en esos accidentes se asientan las minas de la región minera de Tepenené, en las barreras de un valle entrante, alargado, que tiene por límites: al NE., el cerro del Niño, pequeña elevación de tobas andesíticas, situadas al pie de Los Organos; al E. el cerro de Ventejé; al S. el cerro de Guadalupe, y al SW., separado por un puertecito del macizo anterior, el cerro de La Cantera. Varios de estos accidentes que acabamos de citar se adelantan hacia el valle como procurrentes, siendo de naturaleza unas veces andesítica y otras riolítica, y dan lugar a la formación de pequeños valles entrantes, alargados o en figura de herradura, que forman el borde E. del valle de Actopan.

Quedan así descritas, someramente, las eminencias más notables que constituyen la cresta o eje de esta parte de la sierra, vestigios todos de la primitiva configuración de estos lugares, que victoriosamente han resistido al ataque de la erosión, a la que han sucumbido otras partes de estas montañas, para originar las cañadas, barrancas y desfiladeros que también se mencionan. Existen, además, algunos otros peñascos diseminados en la sierra; su importancia, como elementos orogénicos, es casi nula; pero algunos merecen citarse por su graciosa forma o actitud. Las Peñas Cargadas, entre Real del Monte y Omitlán, que parecen derrumbarse sobre el camino que pasa al pie de ellas; los acantilados que se ven a la derecha del camino carretero de Pachuca al Mineral de El Chico, antes de llegar a Pueblo Nuevo, que muestran en sus cantiles canaladuras producidas por la erosión del agua de lluvia, en su descenso vertical, formas de erosión conocidas popularmente con el nombre genérico de "goteras;" la Peña Sentada (fotografía número 11), cerca del Mineral de El Chico, sobre el camino de herradura de este punto a Pachuca,



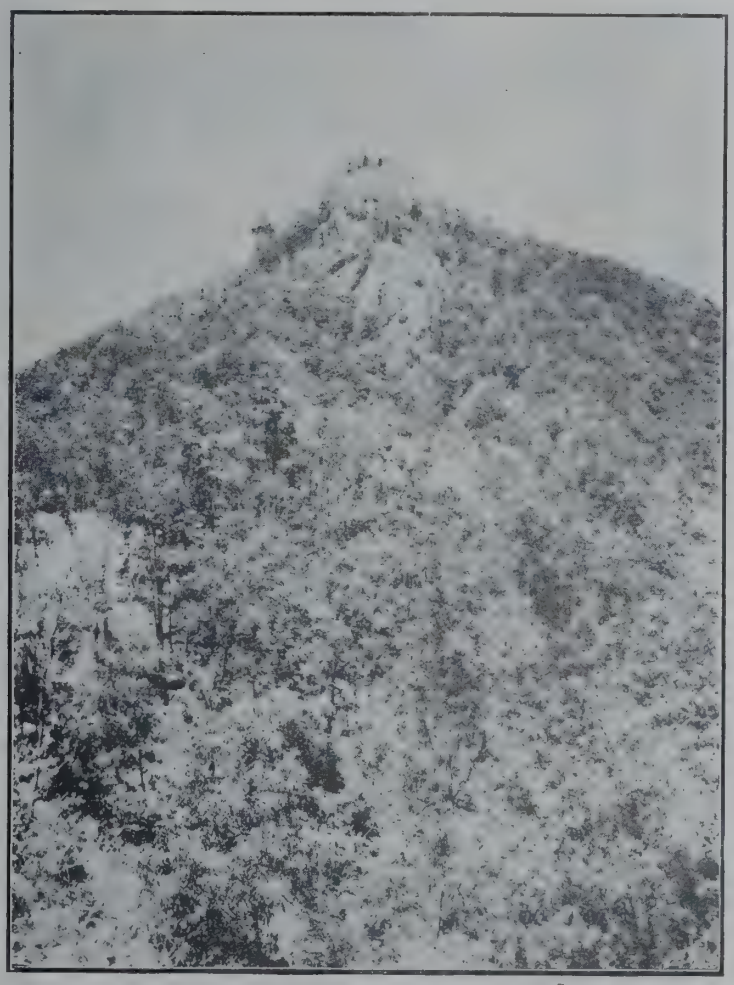
TALLERES GRAFICOS DE LA NACION.

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO



Talleres Graficos de la Nacion.

Fotografía número 18. Vista de la llanura de Atotonilco el Grande, desde el camino de Bandola, mineral de "El Chico."



Fotografía número 19. Otra vista de la peña de "El Fraile," tomada desde el camino de Bandola, mineral de "El Chico."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

es un gran bloque andesítico que se encuentra en pleno bosque, desprendido del macizo de Las Ventanas. Otra peña sentada, que se observa en una difícil posición de equilibrio, en la falda de Los Organos, cerca de la mina de La Cruz (fotografía número 100). Los peñascos rodeados de Las Monjas, que aparecen, unos, entre El Puente y la mina de Tetitlán (fotografías números 37 y 39), y otros, en bello hacinamiento caótico, en el punto llamado Los Conejos (fotografía número 26). En la cañada de Tetitlán, dos enormes rocas llamadas de El Eco (fotografía número 38), por ser fácil producir en ellas este fenómeno acústico. Finalmente, el curioso monolito llamado La Peña del Fraile, situado en una eminencia, a la izquierda del camino de Bandola, como a unos cinco kilómetros de El Chico, que parece representar (fotografía número 16) un monje encapuchado, en actitud de orar, con un libro abierto.

Nos hemos referido ya, en términos generales, a las vertientes de la sierra de Pachuca, y ahora mencionaremos algunos detalles de la parte que corresponde a nuestro estudio.

Hacia el NE. de la cresta de esta sierra se desprenden, como ya dijimos, una serie de contrafuertes que van a morir en el lecho del Amajac. Estos contrafuertes forman entre sí cañadas de mayor o menor importancia por las que bajan arroyos, casi todos de régimen torrencial, aunque existen algunos de gasto permanente, alimentados por las infiltraciones del agua meteórica retenida por la gruesa capa de tierra vegetal, o por la regolita que cubren las laderas montañosas.

Del contrafuerte que se desprende del Zumate, la vertiente más importante es la del NW., la cual reúne en una corriente única los diferentes arroyos y torrentes que descienden por ella, corriente que va a desembocar al río del Carmen; en las vertientes S. y NE., los arroyos se conservan al contrario separados y cada uno reconoce al mismo río, que en esta parte de su curso se llama río de Omitlán.

Un segundo contrafuerte que se deriva de la eminencia que conocemos ya con el nombre de Peña de La Orozca, origina un desagüe hacia el N. por el río de Bandola, llamado más tarde Río Hondo. Este río que es de régimen permanente, aunque de pequeño caudal, está alimentado por varios manantiales que nacen en los bosques de El Chico. La fotografía número 17 da idea de una de las riberas de este río, y en la fotografía número 18 se puede percibir el carácter fisiográfico de la cuenca del mismo, casi hasta el pie de la meseta de Atotonilco el Grande.

Seguramente que la corriente más interesante de esta región es la del río del Milagro. Comienza éste con el arroyo del mismo nombre, que nace al pie de las peñas de Las Goteras, el Gallo y El Cuervo, que forman, como ya dijimos, el anfiteatro de Atotonilco El Chico. Este arroyo recoge las aguas que bajan por la barranca del Muerto, después se le reúne el río de Tetitlán, que viene desde Las Monjas (fotografía número 38), efectuándose la unión en el lugar llamado Las Adjuntas, poco adelante del cual descarga sus aguas el arroyo que desciende por la barranca de Los Zorrillos. El curso del río continúa con una dirección general hacia el Norte, recibiendo afluentes de poca importancia por ambas márgenes, en el tramo comprendido desde Las Adjuntas hasta Santa Ana, que es el punto de confluencia con El Amajac.

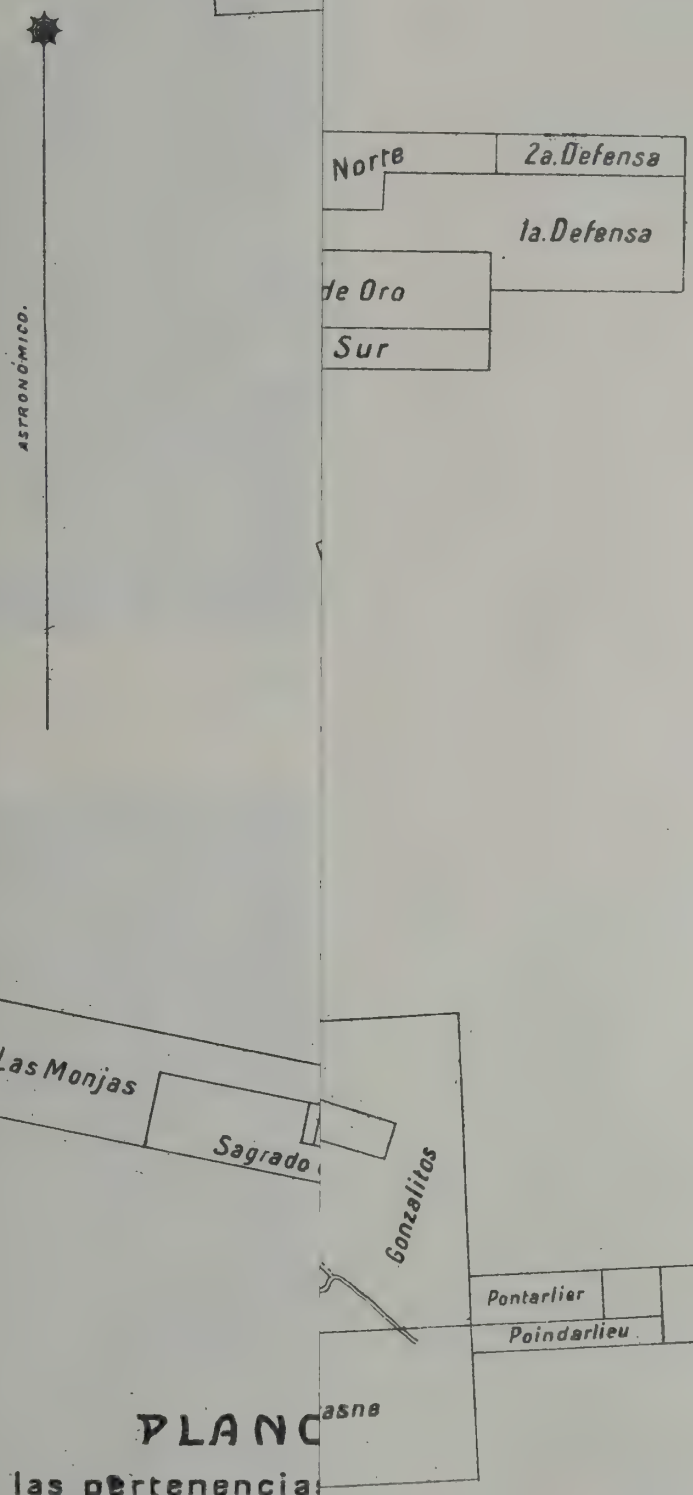
El río de Los Griegos constituye otra cuenca de alguna importancia, en la que se recogen hacia el W. las aguas de las últimas estribaciones de la sierra de Pachuca. Nace en el puerto de La Palma, en la barranca llamada de la Yerba Buena, y en ésta se le unen, por la margen izquierda, pequeños arroyos

que vienen del flanco E. de Los Organos de Actopan, entre los cuales citaremos al que pasa por la mina de La Cruz; más adelante, en el tramo en que se llama Río Grande, recibe entre los afluentes que a él concurren por la margen derecha, al arroyo que baja por la barranca de Los Ayles (fotografía número 96), y al río del Potosí, que procede de las laderas del cerro de los Jaspes; toma después el nombre de río de Los Griegos hasta Sanctorum, donde se reúne con el Amajac. Esta unión es notable, debido al paso del río por cavernas en las calizas, fenómeno del que se habla en otra parte del presente estudio, y que hace aquí a esta corriente tomar un curso subterráneo al atravesar la montaña por el paso natural conocido con el nombre de Puente de Dios (fotografías números 51 y 52).

Región de Actopan. La separación fisiográfica de esta región y la anterior está claramente marcada por la línea de crestas de las montañas de Los Organos y cerros de Chichimequilla, que pasa por el puertecito de La Rodilla; pues en tanto que las vertientes del W. pertenecen en su totalidad al valle de Actopan, las del E. forman parte de la cuenca hidrográfica del río Amajac. En esta región se encuentran ubicados los criaderos argentíferos de Tepenené, y los plumbo-argentíferos de Las Plomosas. Hemos considerado no obstante, a los criaderos citados en primer lugar, como pertenecientes a la región minera que llamamos de Atotonilco El Chico, porque forman la continuación geológica de la veta más importante de aquella región. Los citados en segundo lugar, pertenecen a la jurisdicción política del Distrito de Actopan y están localizados en los dos contrafuertes que se desprenden desde el puerto de La Rodilla, hacia el E. La separación geológica no está muy lejana de la limitación fisiográfica, pues aquí comienzan a cambiar las formaciones, como puede verse en el plano respectivo, estando situados los depósitos minerales de Las Plomosas, cerca de una zona de contacto.

Entre los dos contrafuertes de que hablamos se encuentra la barranca de La Cueva, por la que corre el arroyo más importante de la región de Las Plomosas, el cual recibe algunas corrientes más pequeñas entre las cuales merece señalarse el arroyo llamado del Agua del León. El arroyo de La Cueva se reúne al río Amajac en el extremo Poniente de la meseta caliza conocida con el nombre de Mesa de Doña Ana. La barranca de La Cueva se llama así, por encontrarse en su lado izquierdo, y cerca del nacimiento de la misma, una cueva, la de Nejamai (fotografía número 108), cuyo origen en gran parte se debe a la caída de los bancos calizos que limitan por el W. a dicha barranca. En el ángulo formado por el contrafuerte del N. y la continuación de la sierra, o sea entre los cerros de La Estancia y Chichimequilla, se forma la barranca de La Fundición, conocida también con el nombre de La Tenería. Los costados de esta barranca son de pendientes moderadas y por eso contrastan notablemente con la barranca de La Cueva, la del Agua del León, y el mismo cauce del Amajac, que son en estos lugares sumamente escarpados, llegando a ser su pendiente casi vertical, hasta el grado de formarse, por ejemplo, frente a la mina de El Aguila, situada en el cerro de El Petate, un verdadero precipicio, largo y estrecho, de unos 300 metros de altura, en el fondo del cual corre encajonado el río.

Al NW. del cerro de Chichimequilla, inicia la continuación de la serranía hacia la dirección general indicada, el cerro de Santhé. Entre ambos cerros se forma la barranca de Las Mecas, recorrida por el arroyo del mismo nombre que forma parte del sistema hidrológico del Amajac. Al W. de Santhé nace la barranca de este nombre, por la que corre un pequeño arroyo que



PLANO

de las pertenencias

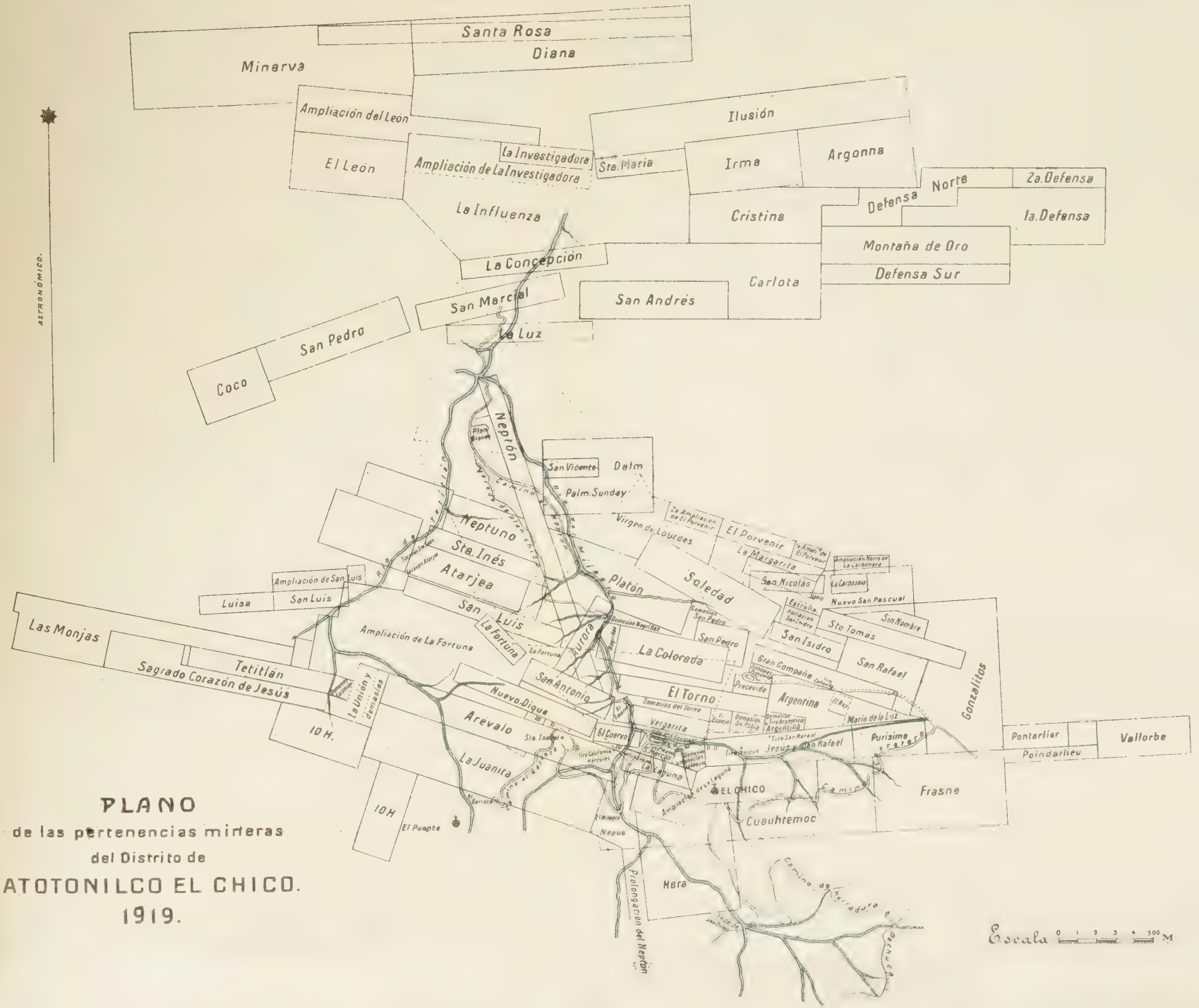
del Distrito de

ATOTONILCO E

1919.

Escala 0 1 2 3 4 500 M

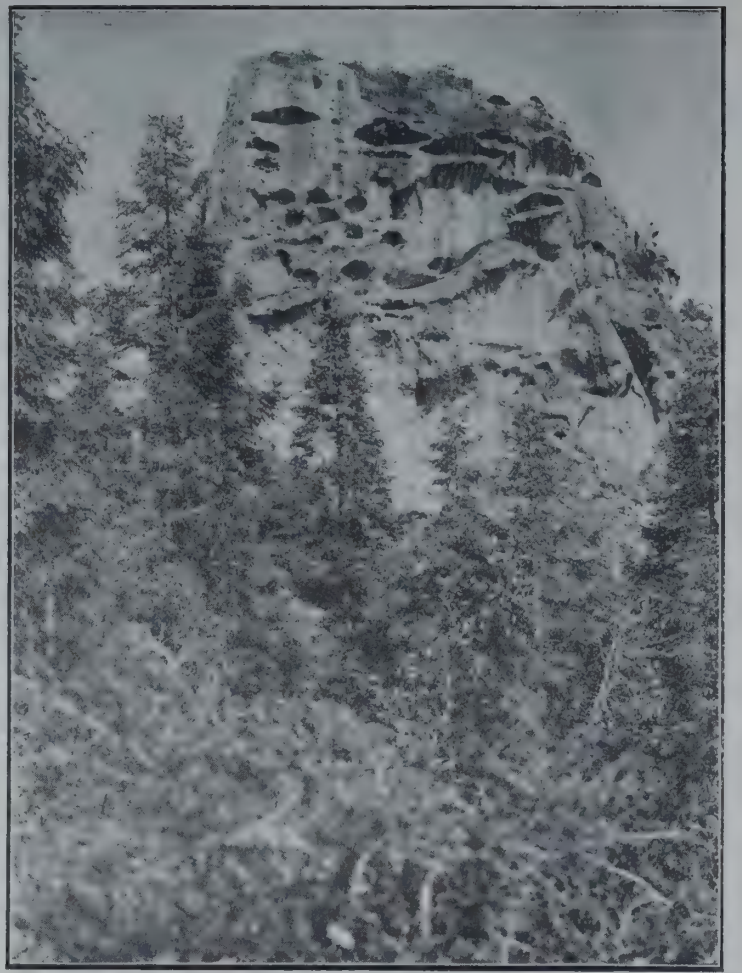
TALLERES GRAFICOS DE LA NACION.



PLANO
de las pertenencias mineras
del Distrito de
ATOTONILCO EL CHICO.
1919.

TALLERES GRÁFICOS DE LA NACIÓN

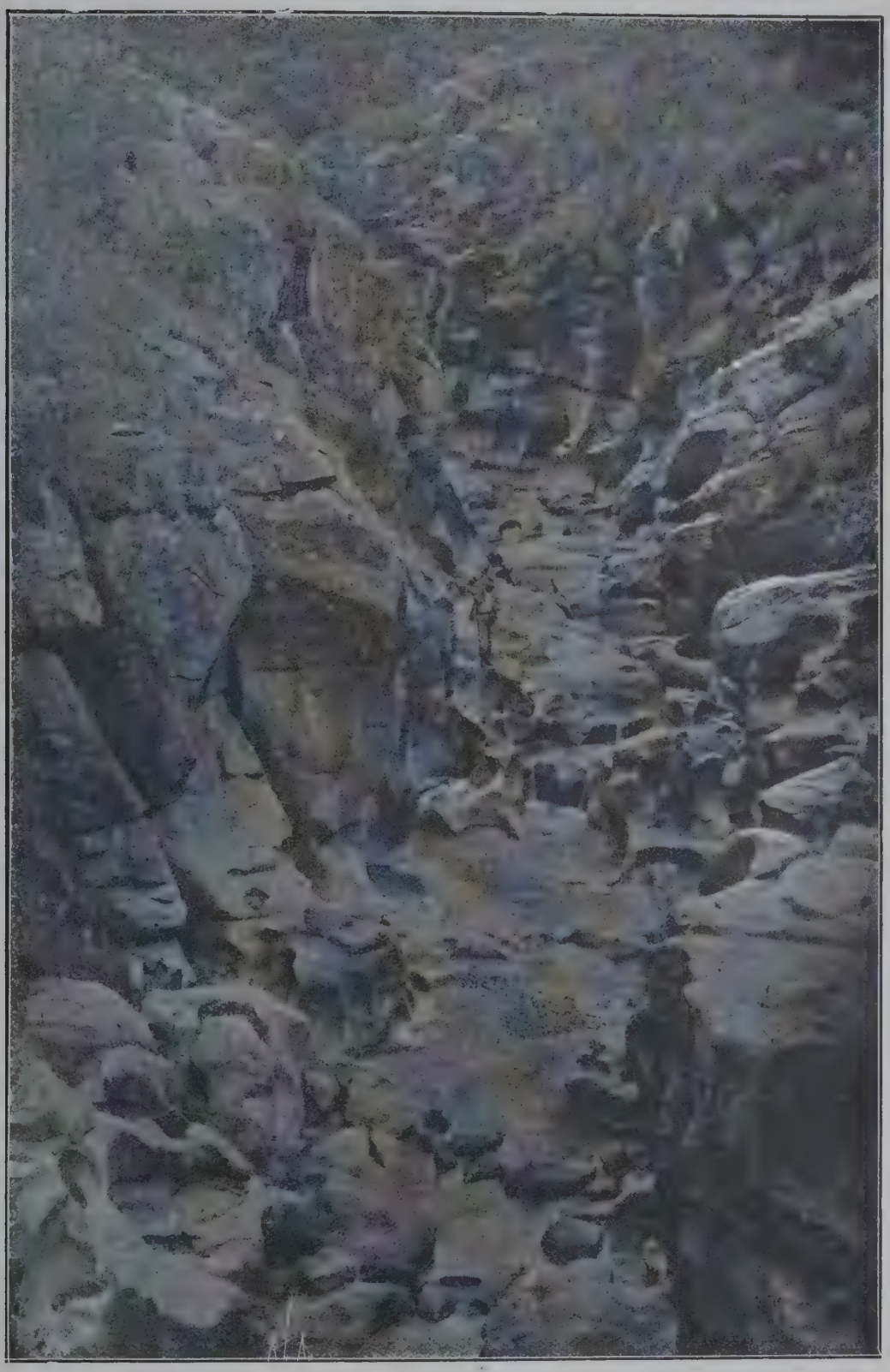
Fotografía número 20. Trabajo de abrasión del aire en las peñas de "Las Ventanas" y "La Colmena," en los alrededores del mineral de "El Chico."



Fotografía número 21. Trabajo de abrasión del aire en las peñas de "Las Ventanas" y "La Colmena," en los alrededores del mineral de "El Chico."

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

UNIVERSITY OF ILLINOIS

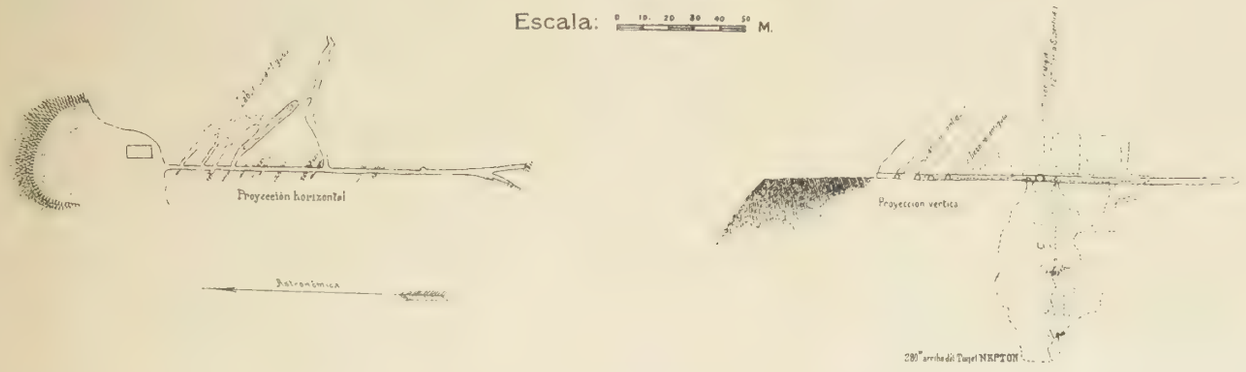


Fotografía número 22. "Marmitas de los Gigantes" labradas en basalto por la corriente del río de Omitlán, cerca del puente de El Carmen.

UNIVERSITY OF ILLINOIS

Plano y proyección vertical de la mina **"La Fortuna,"** mineral de **"El Chico,"** Edo. de Hidalgo.

Escala: 0 10 20 30 40 50 M.



Plano de la mina **"Tetitlán,"** mineral de **"El Chico,"** Edo. de Hidalgo.

Escala: 0 10 20 30 40 50 M.

Talleres Gráficos de la Nación.

pasa por el poblado de Santiago, y se une más tarde al río de Actopan. Tanto en el lecho del arroyo de Las Mecas como en el de Santhé, existen manantiales (fotografía número 103), que por lo árido de esta región, son de algún interés y serán descritos en su debido lugar.

Desde el cerro de Santhé hacia el NW. existe un tramo de la sierra, que no incluímos en nuestra descripción, por no haber tenido oportunidad de recorrerlo; pues para estudiar la región de El Cardonal, tuvimos que transladarnos a Actopan, o sea de la hacienda de La Estancia, paraje donde establecimos nuestro campamento, a la estación de Capula, haciendo uso del ferrocarril que va a Ixmiquilpan.

Región de El Cardonal.—La zona en que están ubicadas las minas que se explotan en el Mineral del Cardonal, tiene una limitación fisiográfica bastante precisa, pues comprende un macizo cretácico (fotografías números 112 y 115), orientado de S. a N., que se desprende hacia el Sur de un punto del eje de la sierra que hemos señalado ya en el esquema respectivo, y como a la mitad de la distancia entre los cerros del Fraile y Roqui. Este macizo está situado en el ángulo NW. del valle de Ixmiquilpan, y está constituído por tres unidades, que son al N., el cerro de Las Minas; hacia la parte media, el cerro de Buenavista, y hacia el S. el Cerro Mineral. Entre estas tres eminencias se forman, respectivamente, los puertos Grande y de Buenavista. El cerro de este último nombre se enlaza con el del Santuario, uniendo así este pequeño sistema del Cardonal con la sierra de Zimapán, al W., por el puerto de El Señor.

Las vertientes del macizo se distribuyen así: hacia el Norte las aguas se reúnen en el arroyo de Chalmita, y hacia el E. se pierden en el pequeño valle de San Miguel, reconociendo las dos al Amajac, por intermedio de la barranca de Tonaltongo. El arroyo de Chalmita es alimentado en parte por un manantial que brota de las calizas. El valle de San Miguel es interesante considerado desde el punto de vista de su régimen hidrológico; es un valle árido, seco, que parece ser bastante permeable, pues no conserva humedad suficiente para dar vida a ninguna planta. Su forma general remeda una "Y," orientada con el pie de la letra hacia el W. y los brazos hacia el E. Entre los brazos se sitúa el macizo alargado de los cerros del Fraile y Blanco, penetrando el brazo S. de la "Y" entre estos cerros y el Cushmayé (fotografías números 112 y 113). El pie de la letra y la rama Norte tienen un drenaje franco hacia la barranca de Tonaltongo, mientras que el brazo Sur no tiene un drenaje definido, aunque parece que es hacia el valle de Ixmiquilpan. El interés de este pequeño valle aumenta, como veremos al describir la gruta de Tonaltongo.

Entre las vertientes occidentales de los cerros Mineral y Buena Vista y la oriental del cerro del Santuario, se forma la barranca del Encino, por la que corre el arroyo del Santuario, arroyo que nace también de un manantial que brota de las riolitas, en el pueblo del Santuario de Mapete. Baja este arroyo al valle de Ixmiquilpan reuniéndose a la barranca del Salitrillo, y ésta después con el río de Ixmiquilpan. Finalmente, las aguas que bajan por faldas meridionales del Cerro Mineral concurren a la pequeña barranca de El Tecolote, la que recoge también las aguas de las faldas del Poniente y Sur del Cushmayé, tomando allí el nombre de barranca San Antonio, la que sigue después por el valle de Ixmiquilpan y se une más tarde al río de este mismo nombre.

Cerca de la extremidad S. del Cerro Mineral, conocida con el nombre de La Punta (fotografía número 115), y separada de esta extremidad por la barranca del Tecolote, se asienta al caserío del Mineral de El Cardonal (fotografía número 112), a una altura de 2,043 metros sobre el nivel del mar, y a

unos 300 metros sobre el nivel de la población de Ixmiquilpan. Esta última cifra representa, aproximadamente, el espesor entre dos puntos de los depósitos lacustres que han desaparecido destruídos en parte por la erosión, depósitos que tienen una posición casi horizontal y que en pasadas épocas cubrieron todo el valle de Ixmiquilpan, hasta la altura en que hoy se asienta la población de El Cardonal, quedando de ellos actualmente en el fondo de ese valle, una área sobre una porción, en la cual se encuentra situada la población de Ixmiquilpan, y en la parte superior, bordes o labios de mayor o menor espesor, adheridos a las faldas de las montañas que circundan el dicho valle, por el NE., y en las cuales se destacan a veces con claridad, como sucede en las faldas W. y SW. del cerro de Cushmayé.

Desde la población de El Cardonal llaman la atención los perfiles de los cerros del Fraile y Blanco (fotografía número 113), que al proyectarse sobre el horizonte simulan, según la fantasía popular, el perfil de un fraile encapuchado en actitud yacente, del cual correspondería a la cabeza cubierta, el cerro del Fraile, y a la parte del cuerpo, el cerro Blanco.

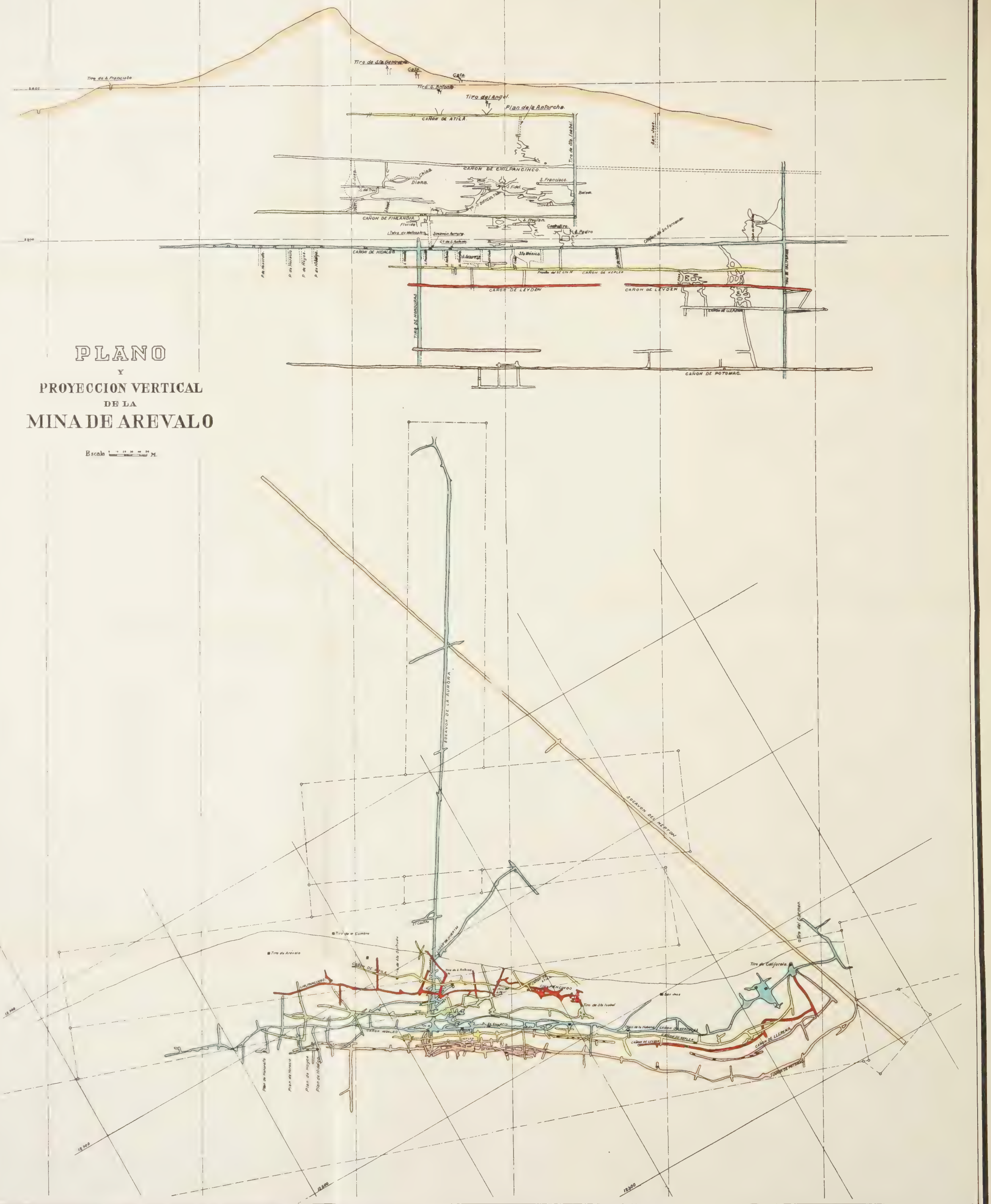
Como habrá podido notarse, nuestra descripción se refiere, de preferencia a la región en que se asientan las minas y criaderos estudiados; pero dado el interés geológico de la gruta de Tonaltongo, creímos conveniente visitarla, aun cuando no forma parte propiamente de esta región minera. Esta gruta se encuentra situada en la profunda barranca de su nombre, a unos 15 kilómetros al NE. de El Cardonal. La belleza e interés de esta obra de las aguas, merece una descripción especial, en el lugar que le corresponde.

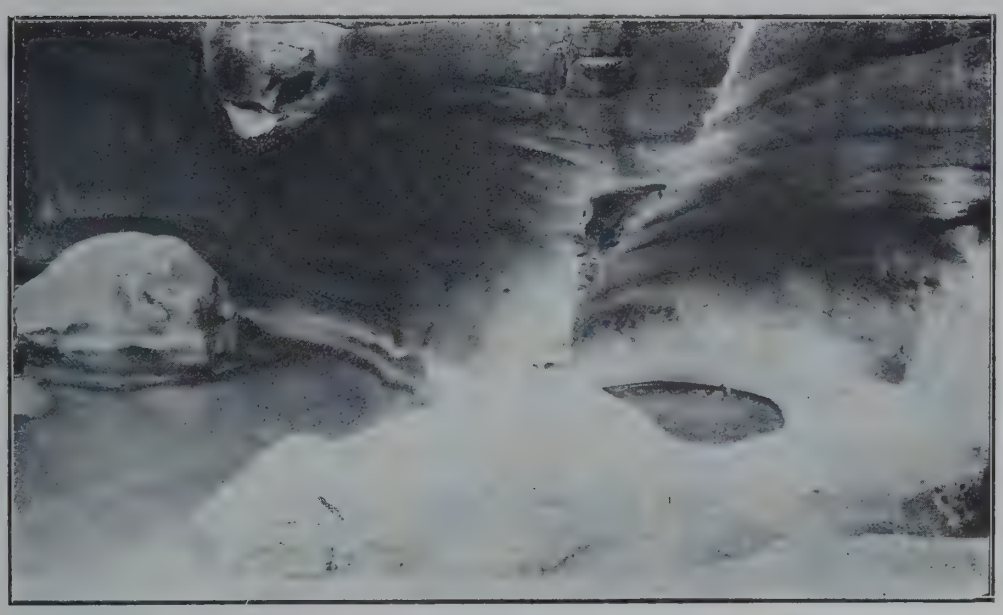
Al NW. de El Cardonal y a unos 8 kilómetros en línea recta se levanta el macizo riolítico formado por los cerros del Santuario y Roqui, en el que se encuentran contenidas las vetas auríferas y cupro-plumbo-argentíferas de San Clemente. El mismo macizo constituye la eminencia oriental más notable de esta porción de la sierra que se prolonga hacia el W., como una majestuosa barrera, cuyos contornos montañosos se destacan sobre el horizonte, sobresaliendo entre ellos, los de La Muñeca y cerro de Juárez, eminencias que forman el último término de la sierra hacia ese rumbo. En las pendientes S. y SE. del macizo riolítico al principio mencionado, se forman las barrancas de San Clemente y La Valenciana, que se unen luego y bajan al valle de Ixmiquilpan, en tanto que la vertiente septentrional pertenece a la cuenca del Amajac.

La barrera que se extiende desde el cerro del Santuario hasta el cerro Juárez, es fisiográficamente muy importante; tiene una orientación general casi de E. a W., y está constituída en sus dos tercios inferiores por rocas cretácicas, como veremos en el capítulo relativo a la geología general de la región, y en su tercio superior, más bien en la cima, por rocas eruptivas que aparecen como manchones aislados. Los contrafuertes meridionales de esta barrera forman el límite hacia el N. y W. del valle de Ixmiquilpan, y los septentrionales se enlazan con el resto de la sierra de Zimapán, y con las montañas de La Encarnación. El cerro Juárez, llamado así porque su cima proyecta en el horizonte un perfil parecido al del rostro del Presidente don Benito Juárez (fotografía número 158), ha sido utilizado por su considerable altura como vértice trigonométrico, por la antigua comisión Geodésica Mexicana, la que determinó sus coordenadas geográficas y elevación sobre el nivel del mar, que son: latitud N. 20° 37′ 28″.82, longitud al W. de Greenwich

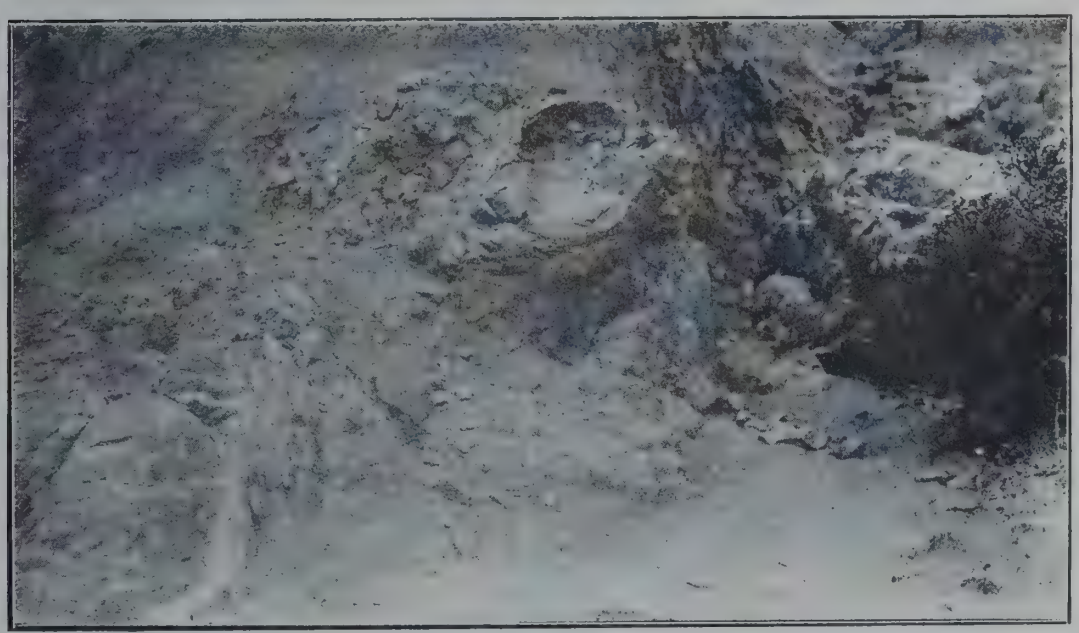
PLANO
Y
PROYECCION VERTICAL
DE LA
MINA DE AREVALO

Escala [illegible] M.





Fotografía número 23. Detalle de la formación de las "Marmitas de los Gigantes" en el lecho del río de El Carmen, alrededores de Omitlán

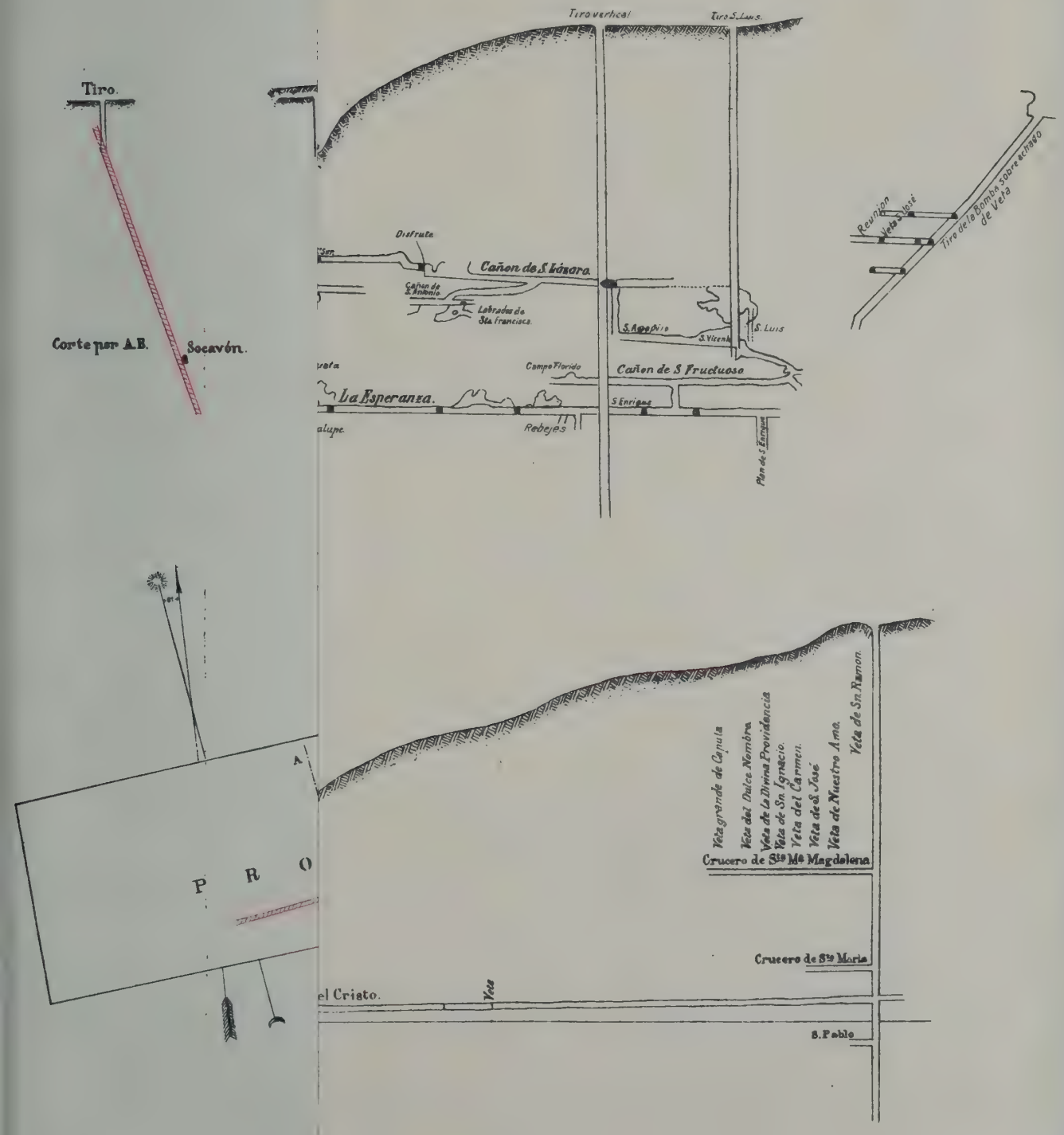


Fotografía número 24. Alteración en zonas concéntricas de las andesitas de los alrededores del mineral de "El Chico."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

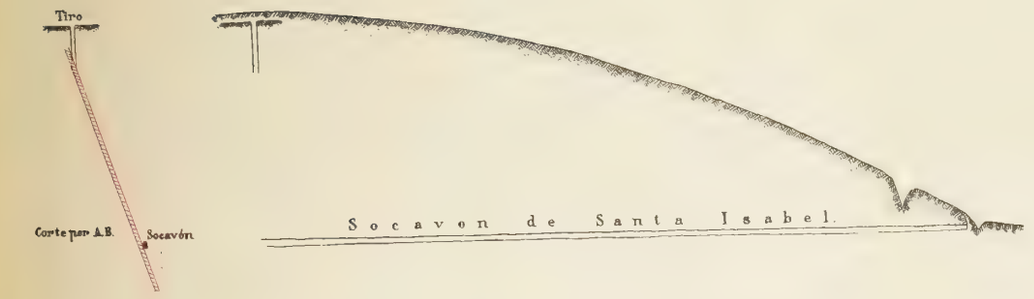
Labo Mina de Capula y secciones longitudinales
isto" y **"Tiro de la Bomba,"** Mineral
e Capula, Estado de Hidalgo.

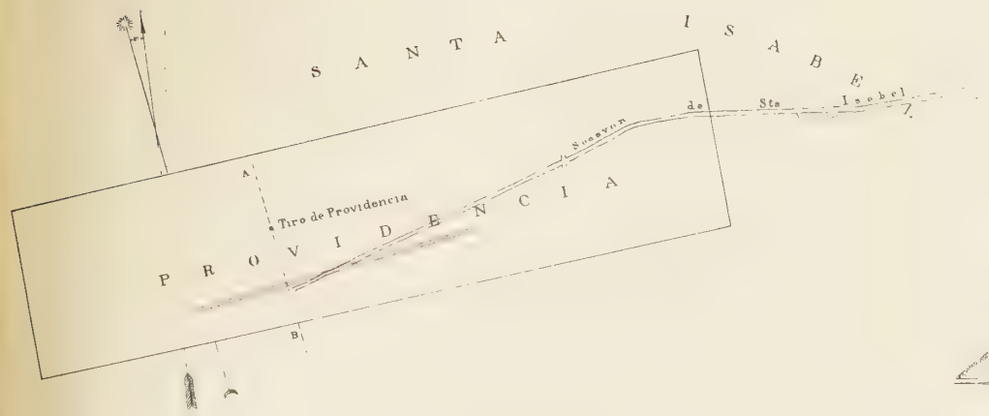
Escala: 0 20 40 60 80 100 mts.



Laboríos de las Minas de **"Providencia y Santa Isabel,"**
Estado de Hidalgo.

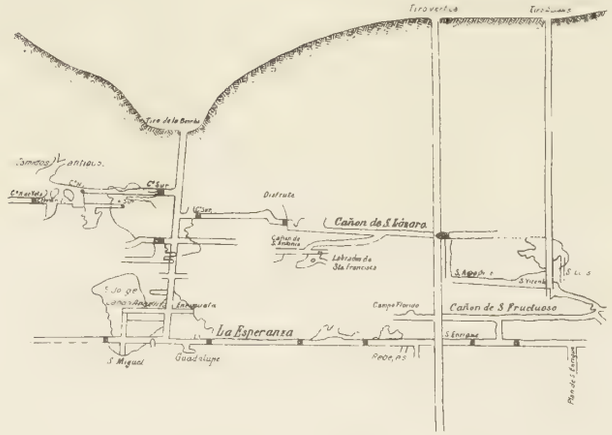
Escala: 0 20 40 60 80 100 mts

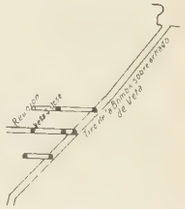


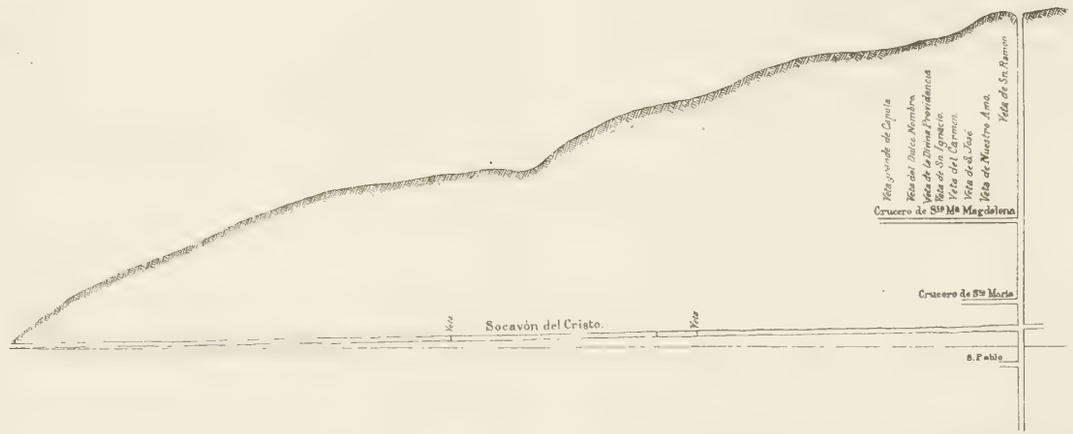


Laborío de la Mina de Capula y secciones longitudinales
de **"El Cristo"** y **"Tiro de la Bomba,"** Mineral
de Capula, Estado de Hidalgo.

Escala: 0 20 40 60 80 100 mts







99° 17′ 24″ .36 y altura 3,045 metros (1). Son los perfiles de esta barrera los que se observan siempre notables sobre el horizonte, a veces brillantemente iluminados por los hermosos y frecuentes crepúsculos que se presentan en estos lugares, sobre todo vistos desde las llanuras del valle de Ixmiquilpan y los alrededores de El Cardonal.

Región de Bonanza.—Nuestro itinerario nos llevó hacia el NE. por el puerto de Nurope, después de dejar el macizo descrito, para descender a la cañada de Pechuga. Nace esta cañada al pie de la montaña del mismo nombre (fotografías números 148 y 153), y corre encajonada de S. a N., con sus costados muy pendientes, escarpados, sobre todo el de la izquierda (fotografías números 150 y 151), en el de la derecha están localizadas la mayoría de las minas que se han explotado en esta región. En esta barranca y como a unos 3 kilómetros de distancia del nacimiento de la misma, se encuentra el Mineral de Bonanza, cuyo caserío se extiende a lo largo del lecho de la cañada, estando en la actualidad casi destruído, y con una población casi insignificante (fotografías números 152, 153, 154 y 155). Afluentes de esta cañada, dignas de anotarse, son las barrancas del Santuario y del Zapote; en esta última se encuentran situadas algunas minas, principalmente en su lado izquierdo (fotografía número 157). La cañada de Bonanza es de origen tectónico, y su costado occidental muestra claramente el flanco roto de un gran anticlinal que corresponde al cerro del Shajai (fotografías 150 y 151).

La región que atraviesa el camino de Bonanza a Zimapán, pertenece en su mayor parte a la cuenca del Amajac; es muy accidentada, y sus barrancas y arroyos muestran un terreno grandemente resquebrajado en el que dominan las calizas. Este carácter abrupto del terreno se continúa menos acentuado entre los puertos de Dedó y San Martín, hasta el puerto de El Tomate, en el que cambia completamente, pues desde aquí podemos decir, se inician las vertientes que reconocen hacia el valle de Zimapán. Este mismo puerto puede considerarse como el que une la sierra, cuya cumbre dominante es el cerro de Juárez, con las montañas que van a formar hacia el NE. la sierra de La Encarnación, y las que se prolongan todavía más al N. NW. del Estado de Hidalgo, ya fuera de los límites de la zona estudiada.

Región de Zimapán.—La región de Zimapán puede describirse, fisiográficamente, como un cerco de montañas de diferentes alturas que se derivan del cerro de Juárez, formando dos brazos, dirigido uno hacia el N. y el otro hacia el NW. Estos dos brazos no son rectos, sino sinuosos; el primeramente citado cambia pronto su dirección inclinándose hacia el Noroeste y más tarde hacia el Sur; el segundo, menos sinuoso que el anterior, se dobla una sola vez hacia el Norte; formándose así una línea de crestas que afecta la figura de un rectángulo irregular (véase el esquema respectivo, lámina 2), cuya diagonal mayor está orientada de SE. a NW. Casi en medio del espacio limitado por este cerco, se encuentra situada la población de Zimapán, a 1,790 metros de altura absoluta, sobre una meseta de corta extensión.

Una de las extremidades de la diagonal del cuadrilátero, coincide con el cerro Juárez, y por la extremidad opuesta se verifica la salida de las aguas que se recogen en la cuenca comprendida entre ambos brazos. Esa salida se efectúa por un estrecho cañón (fotografía número 159). En el lado NE. del

(1) Datos proporcionados personalmente al Jefe de la Comisión, por el señor ingeniero Pedro C. Sánchez, Jefe del Departamento de Estudios Geográficos y Climatológicos.

cuadrilátero y hacia su parte media, existe un desprendimiento que enlaza este sistema, por el E., con las montañas de La Encarnación.

Los criaderos minerales de esta región se localizan de preferencia en las montañas comprendidas en el cuadrante NW., tomando como centro a la población de Zimapán, y se continúa hasta el Estado de Querétaro, limítrofe en esta parte con el Estado de Hidalgo, por los Minerales de El Doctor y Maconí, región minera separada de la anterior por el importantísimo río Moctezuma, que sirve también de límite geográfico entre estos dos Estados.

De la cadena de montañas que constituye el brazo que del cerro de Juárez se desprende al NW., debemos mencionar como notables a los cerros del Dashi y de Los Baños. En las faldas meridionales de este último existen fuentes termales que brotan de las calizas, y entre éste y el cerro del Espolón, situado en el Estado de Querétaro, el cauce del río Moctezuma se estrecha formando una angosta garganta, que después de sufrir un ensanchamiento, vuelve a presentarse más adelante entre el cerro de Los Lirios, que forma la extremidad de nuestra zona, y los cerros de Las Pinturas y Las Loras, que pertenecen al otro Estado. En el tramo de esta serranía comprendida entre el cerro de Los Baños y el cerro de Los Lirios, descuellan también los cerros del Promontorio, Santa Elena y La Ortiga.

En la cadena que se desprende con dirección Norte, mencionaremos como puntos notables a los cerros del Aguacatal, y en la porción de esta cadena que dobla al W. a los cerros de Caravante, Boludo, Dos Caminos, La Ventolera, y puertos Colorado y del Toro (véase el croquis topográfico-geológico del Mineral de Zimapán, lámina 22), y en la última inflexión de esta cadena, que, como dijimos, es hacia el Sur, a las eminencias de Balcones y Lomo de Toro, viniendo a quedar éstas precisamente frente por frente de los tres cerros mencionados al final del párrafo anterior.

Pequeños contrafuertes que se presentan más o menos ligados con el referido cerco que rodea a Zimapán, se desprenden hacia el pequeño valle de este nombre y forman las eminencias de La Cantera, Tetillas, Muí, Juashidó, Arcabúz, Las Espinas y algunas otras de menor importancia.

En las pendientes de las montañas hacia el valle, se forman arroyos y pequeñas barrancas que desaguan directamente en el río de Tolimán, el cual corre en el fondo de la barranca del mismo nombre. Nace este río en las estribaciones más occidentales del cerro Juárez, bordea los cerros del Dashi y de Dios, pasa formando amplios y elegantes meandros al W. del cerro del Arcabuz, y se abre un camino zigzageante entre las dos serranías antes descritas, de paredes acantiladas y altas, y a veces muy estrechas, como en el tramo llamado El Cajón (fotografía número 159), que se forma entre los cerros de Promontorio y Lomo de Toro, donde se revela claramente el origen tectónico de esta barranca.

Para terminar con esta región nos queda por decir que las aguas de las vertientes septentrionales de las montañas situadas al Norte de Zimapán, son tributarias del río Moctezuma y bajan por barrancas, cuya dirección general es sensiblemente paralela al último tramo de la barranca de Tolimán.

La parte de la sierra que se dirige a La Encarnación, tiene una dirección media de SW.-NE.; sus flancos del W. desaguan también hacia el río Moctezuma y los del E. hacia el Amajac, reuniéndose los diferentes arroyos de este flanco en el río de Quetzalapa, tributario del anterior. Sus crestas y picos van en aumento creciente, a partir de Zimapán y culminan en el cerro de Cangan-

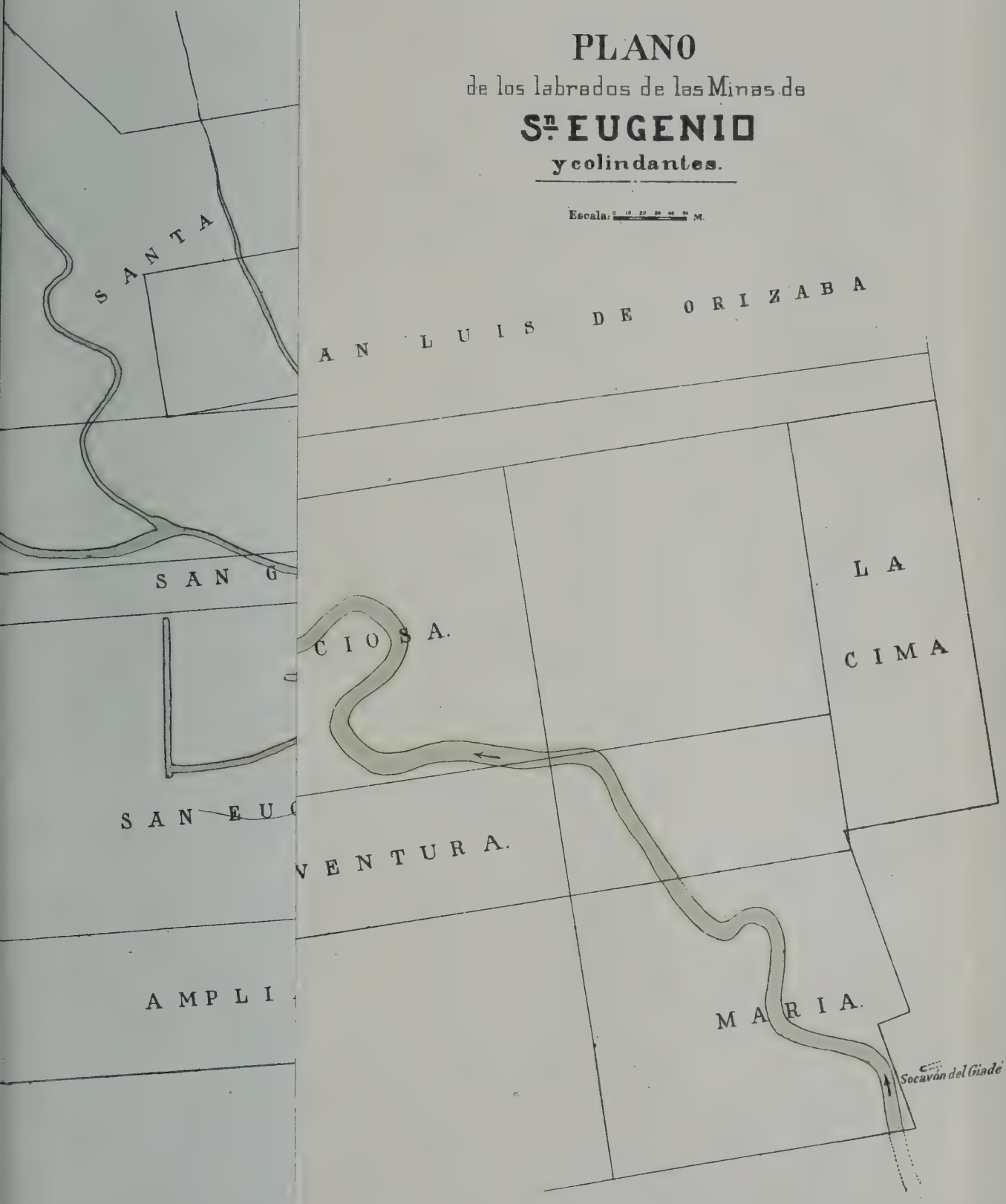
PLANO

de los labrados de las Minas de

Sn. EUGENIO

y colindantes.

Escala: 0 10 20 30 40 50 M.



Talleres Graficos de la Nacion.

Talleres Graficos de la Nacion.

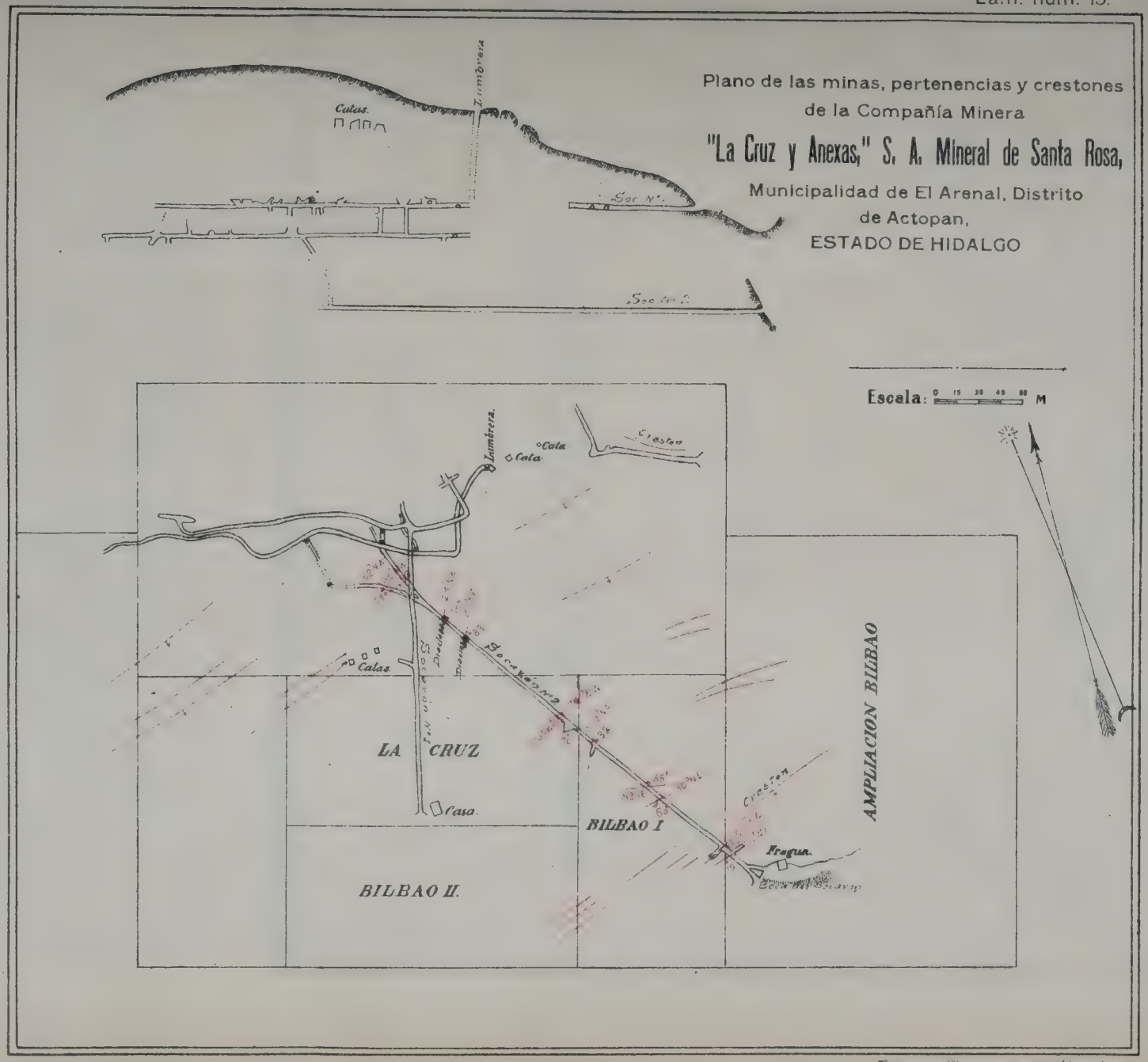
Fotografía número 27. Labrados en las "Vetillas del Norte," desde "El Salto de San Cayetano," alrededores del mineral de "El Chico."

Fotografía número 28. Yacimiento de halloysita en el cerro de "Los Jaspes," alrededores del mineral de "El Chico."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

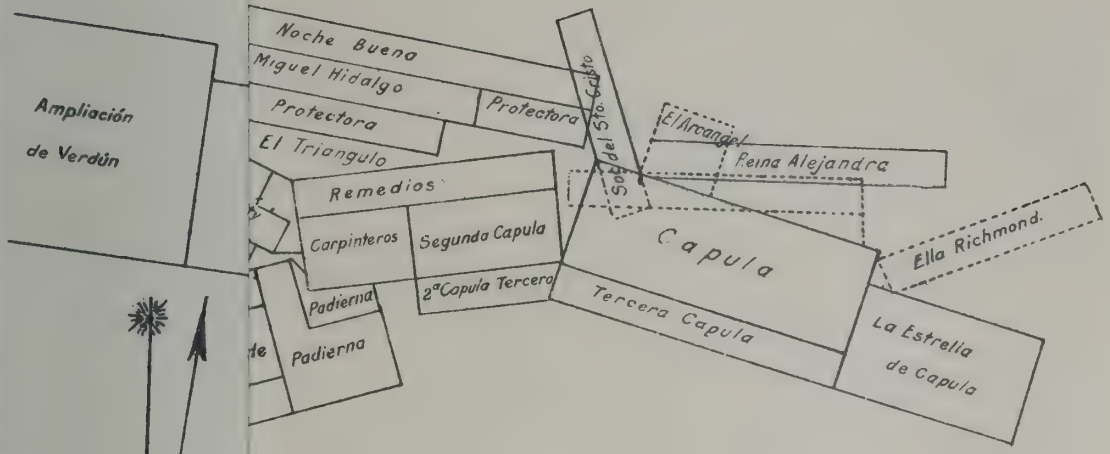
Fotografía número 29. Salto de "San Cayetano," desde el camino de la población del mineral de "El Chico" a la mina de "La Aurora."

UNIVERSITY OF ILLINOIS



TALLERES GRAFICOS DE LA NACIÓN

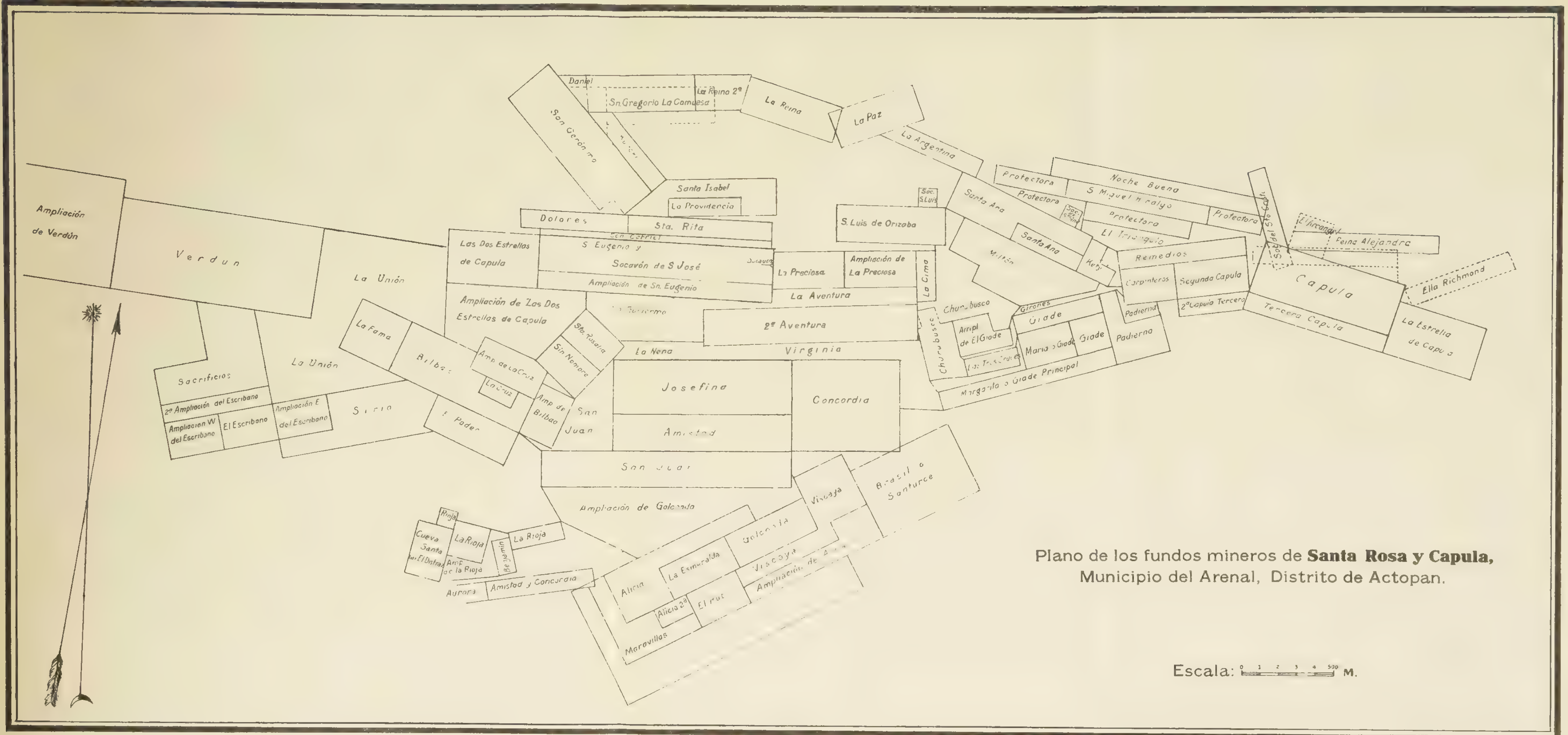
LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



le los fundos mineros de **Santa Rosa y Capula,**
unicipio del Arenal, Distrito de Actopan.

Escala: 0 1 2 3 4 500 M.

Talleres Graficos de la Nación.



Plano de los fundos mineros de **Santa Rosa y Capula**, Municipio del Arenal, Distrito de Actopan.

Talleres Gráficos de la Nación

dó, punto final de nuestro estudio. Esta montaña caliza tiene una altura sobre el nivel del mar, de 2,852 metros; dominan las cumbres circunvecinas, y la gente del lugar asegura que alguna vez, con cielo límpido, se han cambiado señales luminosas desde Cangandó hasta Altamira, población situada en la llanura costera, al NW. de Tampico. El nombre de la montaña significa en idioma otomí Piedra Azul, probablemente aludiendo al color que presenta su cima desnuda. Este cerro es importante, primero, por su altura, y después, porque en su falda se encuentra la gran masa de magnetita conocida con el nombre de Piedra Imán. A muy poca distancia al Sur de esta montaña se levanta un cerro en cuya falda también hay criaderos de fierro, cerro que se llama de El Pilón, por su forma regular parecida a un gran pilón de azúcar. En la falda NW. del Cangandó y cerca de su pie, está la población de La Encarnación, a 2,280 metros de altura sobre el nivel del mar.

En la vertiente hacia el Moctezuma, a unos cinco kilómetros al NW. de La Encarnación, está ubicado el Mineral de Flojonales, y en la vertiente hacia el Amajac, a unos 6.5 kilómetros al Sur de la misma población, se encuentra situado el Mineral de San José del Oro.

HIDROLOGIA

RIOS

Constantemente nos hemos referido a las dos corrientes principales que recogen, directa o indirectamente, todas las aguas procedentes de las faldas de las montañas que hemos tratado de describir. Los ríos Amajac y Moctezuma son estas corrientes y creemos que con algunas líneas más que agreguemos a lo que sobre ellos hemos dicho, quedarán bastante bien caracterizados. Los dos son, en la región que comprende nuestro estudio, ríos jóvenes; pero con toda probabilidad más el primero que el segundo, si se tiene en cuenta la gran extensión de la cuenca hidrográfica del río citado al último. La extensión de la cuenca hidrográfica no es siempre un factor determinante para la edad de los ríos; pero en este caso es de importancia tenerla en cuenta, y a esto puede agregarse el carácter de erosión menos avanzado de la cuenca del Amajac, la que presenta grandes tramos estrechos o hasta encajonados, demostrando esto la diferencia de su edad; como una consecuencia, y con mayor razón, los afluentes respectivos de estos ríos están en análogas condiciones.

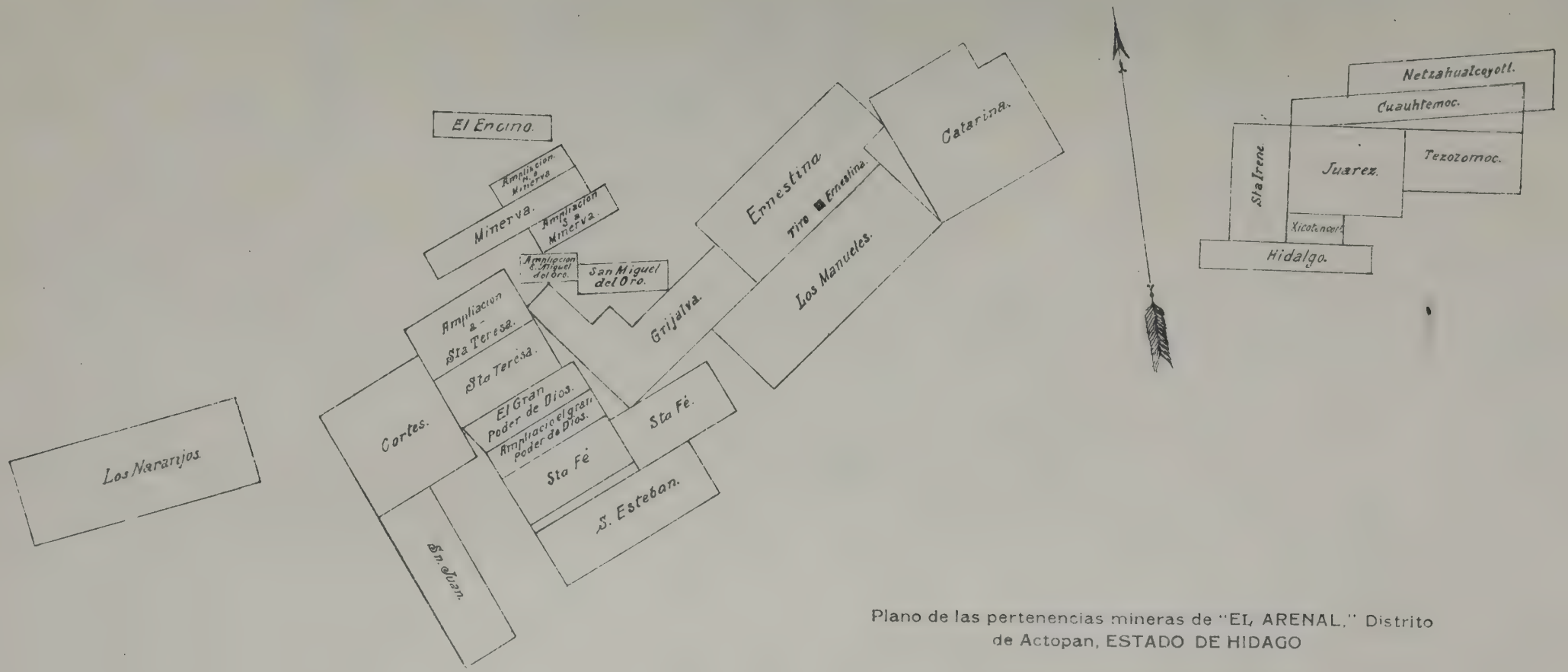
Ni el Amajac ni el Moctezuma son navegables, aunque se les pueda considerar como ríos caudalosos. Cuando reúnen sus aguas en Tamazunchale (San Luis Potosí), se les aprovecha ya como vías de comunicación; pues desde allí admiten embarcaciones, aunque de muy pequeño calado.

El río Amajac se comienza a formar con las aguas que se recogen en el anfiteatro de Real del Monte, situado en las vertientes NE de la sierra de Pachuca, y que tiene como extremos a las peñas del Zumate y cerro del Gato. Los arroyos que se le reúnen, hasta Omitlán, no tienen importancia, siendo seguramente mayor la cantidad de aguas que recibe procedentes del desagüe de las minas, aguas que alguna vez se utilizaron para mover la rueda hidráulica de la hacienda de Sánchez, en la hacienda de Velasco, y en algunas pequeñas oficinas metalúrgicas de la cañada de Omitlán, hoy abandonadas. De Velasco hacia adelante, es decir, hasta Atotonilco el Grande, se llama río del Carmen. En este tramo su lecho presenta las hermosas figuras de erosión por tor-

bellino ("marmitas"), representadas en las fotografías números 22 y 23. Antes de llegar a la población de El Grande se le une el Río Hondo, como tributario de algún interés entre los arroyos que bajan de las montañas de El Chico. La más importante de estas corrientes, o sea el río del Milagro, se le une en Santa Ana, cuando aquel río se llama ya Amajac. En Santa María Amajac (fotografías números 55 y 56), recibe las aguas calcáreas de los baños de Amajac, cuya cantidad es insignificante. Hasta hace algunos años las aguas de este río fueron potables, y en el pueblo de Santa María hubo viveros de "bagres;" pero cuando entre Real del Monte y Omitlán se estableció la hacienda de cianuración de Guerrero, y sus aguas de desecho, con cianuro en solución, fueron a dar al río, las aguas de éste perdieron aquel carácter y murieron los peces de Santa María. Desde este punto, el río de que nos venimos ocupando dobla su curso al W.; en Sanctorum se le une el río de Los Griegos; continúa hacia el NW., sirviendo de límite entre los Distritos de Actopan y Atotonilco el Grande, después, entre el primero de estos Distritos y el de Metztitlán; más tarde, entre este último y el de Ixmiquilpan, y, finalmente, entre los de Jacala y Molango. En el penúltimo tramo se le une el río de Tonaltongo, como corriente de importancia, y, según informes que nos proporcionaron, las aguas en muy pequeña cantidad de unas fuentes termales que no conocimos; pero que llaman simplemente Los Baños. En este tramo, seguramente que el mayor caudal que recibe proviene de las filtraciones de la cuenca que alguna vez fué laguna de Metztitlán, las que después de pasar cerca de Almololón, se le unen abajo de la población de San Juan Amajac. En el último tramo se le junta el río de Quetzalapa, como principal afluente, hasta salir de los límites del Estado.

El origen del río Moctezuma se considera en las faldas NE. de la sierra de Monte Alto, situada al NW. de la ciudad de México. Cuando pasa por Cuautitlán toma este nombre, y más tarde los de El Salto y Tula. El río de Tula, considerado como origen del Moctezuma (antes de las obras del desagüe del Valle de México), nace en Tepeji y allí se llama río de Tepeji; de Tula pasa a Ixmiquilpan, donde toma este nombre y recibe las aguas de los valles de Actopan e Ixmiquilpan; las del primero por el río de Actopan que sólo en la época de lluvias lleva agua. Las aguas del desagüe del Valle de México, las recibe en Mixquiahuala, antes de llegar a Ixmiquilpan, contingente que le proporciona materias orgánicas que hacen a sus aguas bastante apropiadas para fertilizar terrenos, y así se ven extensiones considerables de los valles de Actopan e Ixmiquilpan irrigadas por estas aguas. Sale del valle de Ixmiquilpan por San Juanico, continúa al W., llega al Estado de Querétaro, y sirve de límite, desde el Infiernillo hasta Jacala, entre estos dos Estados. En el Infiernillo se le une el río de San Juan, que viene de San Juan del Río. En ese punto (El Infiernillo), se ha pensado desde hace mucho, establecer una planta para la generación de fuerza eléctrica. Del resto del curso del río ya hablamos, y no haremos, por eso, más extensas nuestra explicación.

El río del Milagro nace en el anfiteatro de Atotonilco El Chico. Las montañas que bordean este anfiteatro están cubiertas de una tupida vegetación que mantiene siempre húmedo el suelo, y cuyas aguas de infiltración aparecen en pequeños manantiales, que reunidos, dan nacimiento al río que nos ocupa. Recibe, como afluente principal, al río de Tetitlán, que corre por la barranca de su nombre y baja de la falda Norte del macizo de Las Monjas (fotografía 38). Las aguas de estos dos ríos se utilizan, las del primero, para generar energía



Plano de las pertenencias mineras de "EL ARENAL," Distrito de Actopan, ESTADO DE HIDAGO

Escala 0 1 2 3 4 500 M

TALLERES GRAFICOS DE LA NACIÓN

OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Dib. T. Aguilar.

PLANO

— de los —

pertenencias de la mina

— LA NEGRA Y COLINDANTES. —

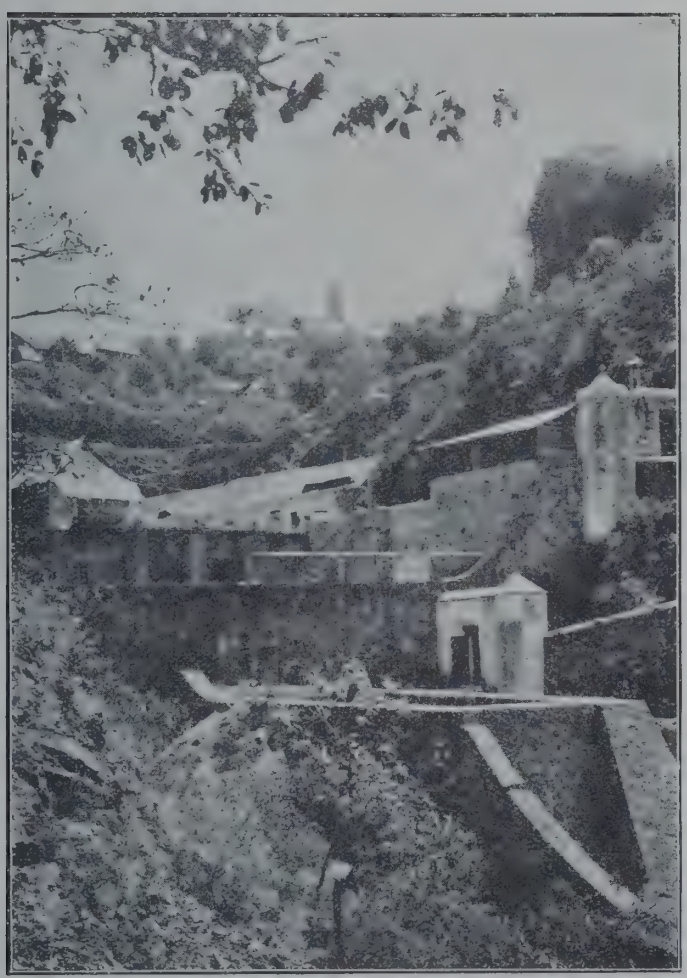
Mineral de las Plomosas.

Dto de Actopan. —— Edo. de Hidalgo.

Escala 0 1 2 3 4 500 M.

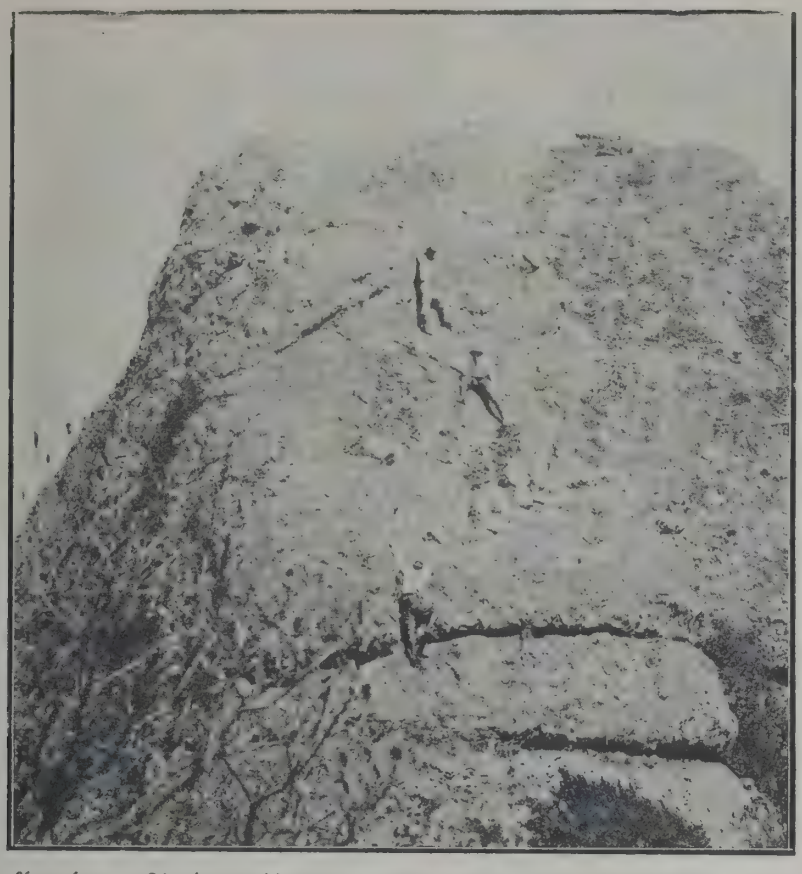
Dib. T. Aguilar.

TALLERES GRAFICOS DE LA NACION



Fotografía número 30. Vista de conjunto de la antigua hacienda de patio de "San Cayetano." Mineral de "El Chico."

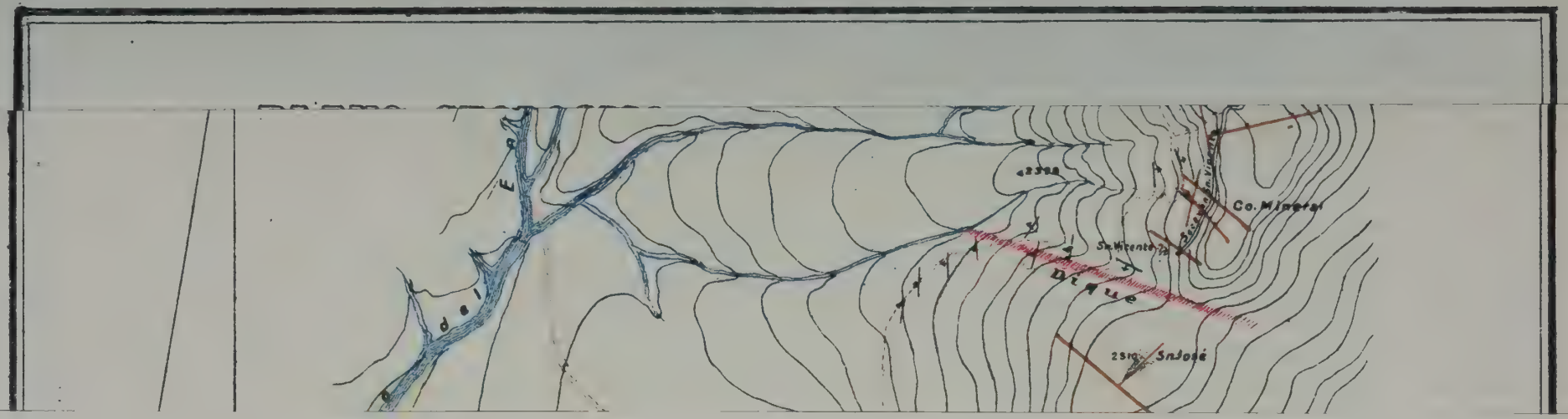
LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



Fotografía número 31. Ascensión a una de las peñas de "Las Monjas." Alrededores del Mineral de "El Chico."

Fotografía número 32. Peña más alta de "Las Monjas," en los alrededores del Mineral de "El Chico." (Extremo W. del grupo de peñas.)

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS


Co. Mineral
Sn. Vicente
Dique
Sn. José

PLANO GEOLOGICO
DEL
DISTRITO MINERO DE EL CARDONAL

ESCALA 0 1 2 3 4 5 KM ISOHYPSAS CADA 25 MTS.

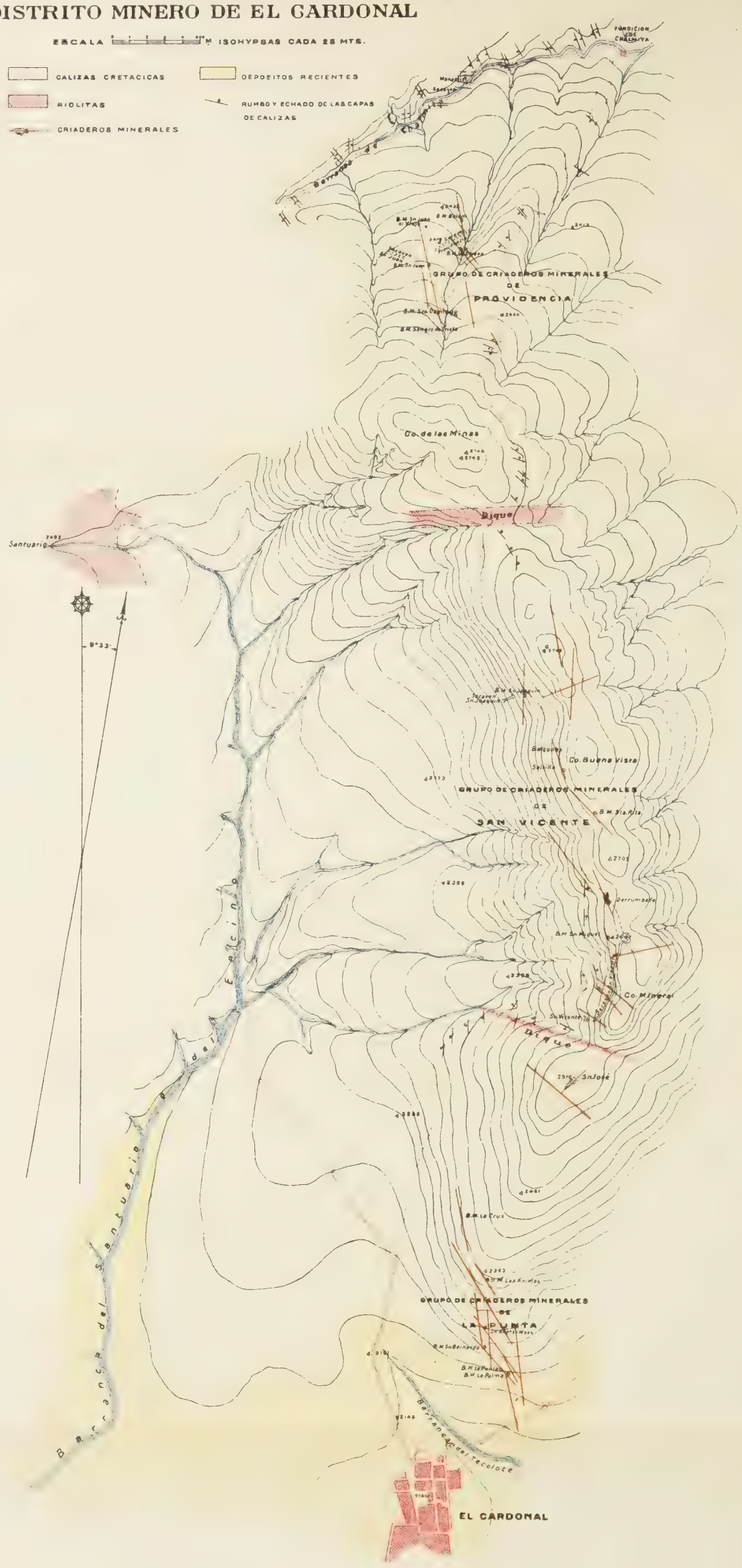
CALIZAS CRETACICAS

RIOLITAS

CRIADEROS MINERALES

DEPOSITOS RECIENTES

RUMBO Y ECHADO DE LAS CAPAS DE CALIZAS



TALLERES GRAFICOS DE LA NACION

eléctrica en la planta de Las Adjuntas, en el socavón de La Aurora, y actualmente se estudia el aprovechamiento de las mismas, con idénticos fines, en Santelices, cerca de su confluencia con el Amajac; las del segundo proveen el agua necesaria para la hacienda de cianuración de Plan Grande. El río del Milagro siempre lleva agua, aunque el caudal disminuye de una manera notable en la época de secas, y aumenta en cambio, desproporcionadamente, en la época de lluvias, régimen que se explica atendida la topografía de la cuenca del mismo, que le da el carácter torrencial. Como una muestra de esta topografía, puede verse la fotografía número 29, de uno de los pequeños afluentes de este río. Nace el afluente en las faldas SE. del cerro de la Gran Compaña, pasa por la antigua hacienda de San Cayetano (fotografía número 30), y se une al río del Milagro precipitando sus aguas por un salto de unos doce metros.

MANANTIALES

No vamos a tratar en este capítulo, de todos los manantiales que existen en la zona estudiada, porque por una parte, conocimos solamente algunos, y por otra, nos proponemos señalar, cuando nos ocupemos de los valles, los manantiales que en ellos broten, como un dato complementario relativo a su hidrología. En cuanto a los que aparecen fuera de esos valles, podemos en tesis general, referirnos aquí a ellos y agruparlos para su mejor descripción como sigue: *a)*. Aguas que aparecen en la región boscosa de las montañas. *b)*. Aguas que brotan en las montañas desnudas. *c)*. Aguas minerales y termo-minerales.

a). Ninguna de estas fuentes es de interés notable. Su origen está en el agua de lluvia que queda retenida en la gruesa capa de tierra vegetal o en los depósitos regolíticos que cubren los flancos de las montañas.

b). El origen de estos manantiales puede ser diferente en cada caso, como veremos, por lo que sigue. Tuvimos ocasión de conocer tres: el de Las Mecas, el de Chalmita y el del Santuario.

El primero está situado en el Distrito de Actopan, en terrenos de la hacienda de La Estancia y brota en el contacto de las tobas andesíticas y las andesitas macizas de la barranca de Las Mecas, que se forma entre las montañas de Chichimequilla y Santhé. El punto donde nace este manantial está situado como a 100 metros abajo del nivel de la población de Actopan, y la barranca por donde corren sus aguas es tributaria del río Amajac. Durante nuestra visita a este manantial medimos su gasto y resultó ser, aproximado, de 6 litros por segundo. El manantial de Chalmita está situado como a 1 kilómetro al SW. de la Fundición de Chalmita, en la barranca que naciendo en el puerto de El Señor, pasa por la fundición, bordea por el E. al cerro de San Juan, y va a arrojar sus aguas a la profunda escotadura de Tonaltongo. Este manantial está alimentado, probablemente, por las aguas que se filtran en las faldas montuosas del Sur del cerro de San Juan, y en las del NE. del cerro del Santuario, aguas que después de atravesar los bancos fracturados de las calizas llegan a las pizarras arcillosas impermeables, orientadas allí con un rumbo de 85° NE., y un echado de 40° al NW., por las cuales siguen un curso descendente hasta encontrarse con una zona de caliza marmorizada en forma de dique, la que impide que continúen descendiendo por las pizarras y las hace brotar en la superficie. En el plano geológico del Distrito de El Cardonal (lámina 17), está indicada la situación de este manantial, por la cual pueden apreciarse sus relaciones con las capas estratificadas del terreno. Sus aguas,

que están cargadas de carbonato de calcio, son incrustantes, y alguna vez fueron utilizadas para el funcionamiento de una trompa de aire que todavía existe en la Fundición, trompa que últimamente se ha tratado de substituir por una rueda Pelton, para mover los ventiladores que producen el soplo necesario en los hornos de aquella Fundición. El manantial del Santuario brota entre riolitas y brechas riolíticas, en el pueblo del Santuario de Mapete, que se encuentra ubicado en la falda NE. del cerro del Santuario. El señor ingeniero Trinidad Paredes, refiriéndose a este manantial, dice en su estudio hidrológico del valle de Ixmiquilpan (1) lo siguiente: "Entre los manantiales, en las rocas eruptivas, el principal es el del Santuario; es permanente con una agua cristalina, agradable, con 19° de temperatura, a 2,362 metros sobre el nivel del mar, y aunque la cantidad de agua en los meses de abril y mayo quizá no llegue a 5 litros por segundo, suministra agua para los habitantes del Santuario y El Cardonal; sale en el cauce del arroyo del Santuario, su cuenca hidrográfica está toda en el flanco NE. del cerro del Santuario, cuya cima se eleva como 500 metros sobre el manantial."

c). Dos manantiales de aguas termo-minerales tuvimos ocasión de conocer: el de los baños de Amajac y el de la gruta de Tonaltongo. El primeramente citado corresponde probablemente a las postreras manifestaciones del vulcanismo que alguna vez se manifestó en las cercanías de Atotonilco el Grande, y que se tradujo por la emisión de las corrientes basálticas a las que más adelante nos referiremos al tratar de la geología de la zona, corrientes que constituyen la meseta donde se asienta la población de ese nombre, y otras que aparecen también en las barrancas que bordean a dicha meseta. Las aguas que salen por la gruta de Tonaltongo tienen otro origen, pues representan un fenómeno frecuente en los países calcáreos, y pudieran considerarse con más propiedad como formando una fuente más bien que un verdadero manantial. En efecto, estas aguas son de origen "vauclusiano," y constituyen resurgencias que han adquirido su carácter termal y mineral, debido a la profundidad de que proceden, y no por contacto con focos de calor, como en el caso anterior. Nos ocuparemos con algún detalle de ambos manantiales.

Manantial de Amajac.—Los baños termales de Amajac (fotografías números 59 y 60), están situados al pie de la falda SE. del cerro de El Tenate, y como a 5 kilómetros al W. de la población de Atotonilco el Grande, en una pequeña barranca que han abierto en las tobas las aguas que escurren de la meseta basáltica.

La erosión en las tobas no ha sido suficiente para mostrar la constitución geológica de la base del cerro y, además, los depósitos calcáreos de las aguas del manantial han cubierto el terreno y sólo es posible, por lo tanto, ver la caliza cretácica que constituye esa eminencia. Por estas razones se dificulta conocer la naturaleza geológica de las rocas que atraviesan las aguas. La presencia de margas muy cerca de este lugar nos hace creer que éstas forman la base del cerro, pues se les puede ver a favor del corte hecho por el río Amajac, en las faldas S. y SW. de los cerros de El Tenate, y es un hecho observado que, en el caso general de las formaciones cretácicas de la zona, las calizas y las pizarras arcillosas (margas) están en ese orden estratigráfico.

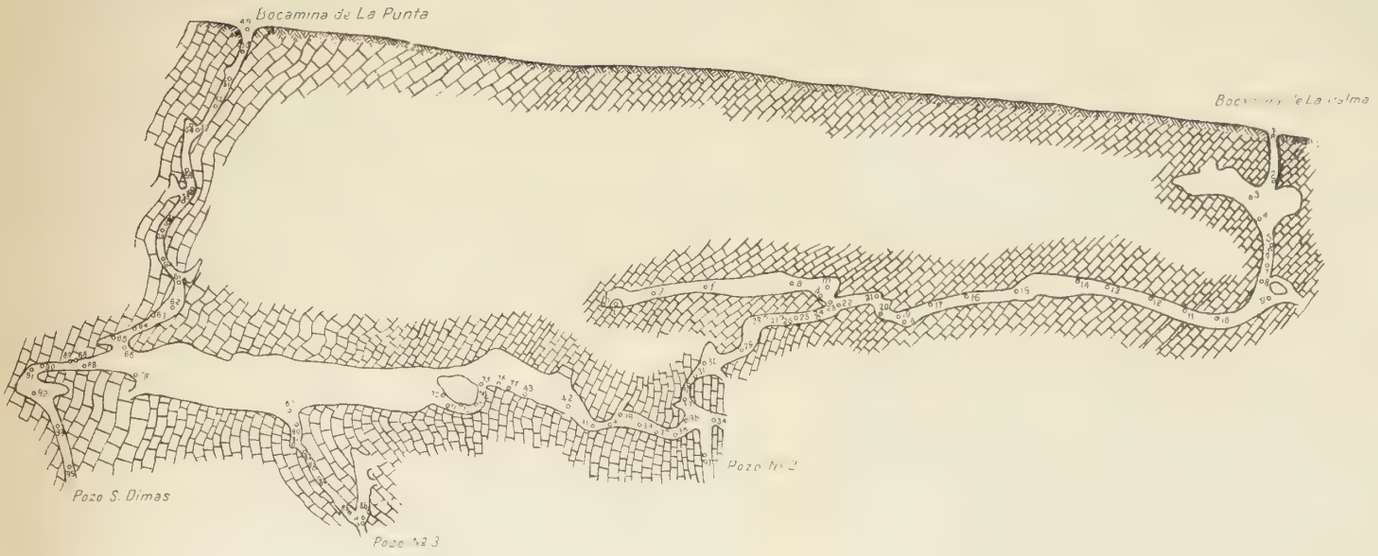
La meseta basáltica de Atotonilco el Grande afecta una forma alargada, cuya mayor dimensión está orientada de E. a W.; se encuentra limitada ha-

(1) Parergones del Instituto Geológico de México. Tomo III. Núm. 3. págs. 160-161.

Bolet

Plano geológico de la mina de
"La Punta," mineral de **"El Cardonal,"**
Estado de Hidalgo.

Escala: 0 5 10 15 20 25 M



Proyección Vertical

Proyección Horizontal

TALLERES GRAFICOS DE LA NACION

Fotografía número 33. Grieta en la peña de "Las Monjas." Mineral de "El Chico."

Fotografía número 34. Cañada del río de "El Milagro," mina de "San Marcial" y hacienda de "Plan Grande." Mineral de "El Chico."

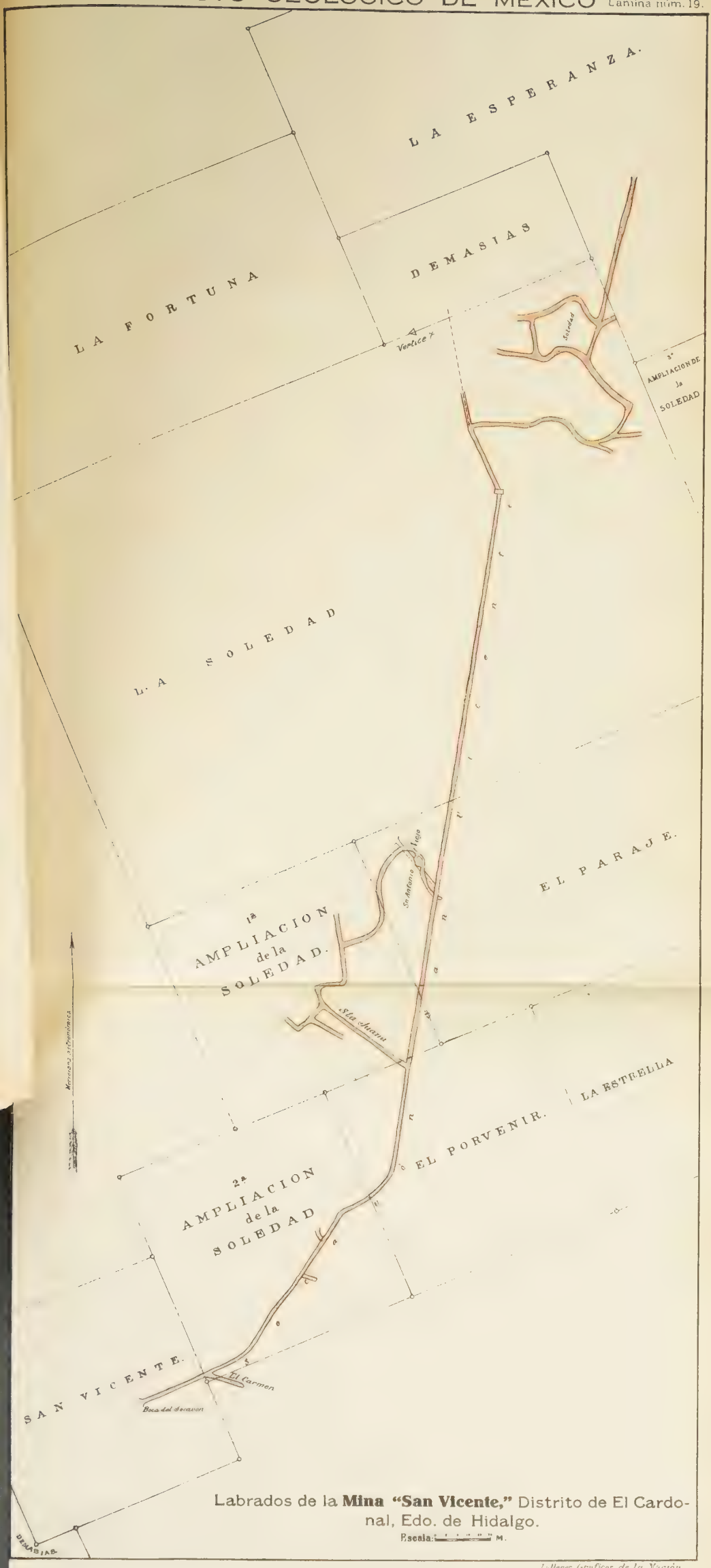
LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Fotografía número 35. Fracturas y relices en las peñas de "Las Monjas." Alrededores del Mineral de "El Chico."

Fotografía número 36. Fisiografía de los alrededores del Mineral de "El Chico," como se percibe desde la peña más alta de "Las Monjas."

UNIVERSITY OF ILLINOIS

L A E S P E R A N Z A.
D E M A S I A S.
T U N A



Labrados de la **Mina "San Vicente,"** Distrito de El Cardonal, Edo. de Hidalgo.

Escala: M.

Talleres Graficos de la Nación

cia el S. por el río Amajac y hacia el N. por la Barranca Grande, ancha y profunda cortadura en la que corren las aguas que vienen desde Tulancingo; hacia el E. toca las últimas estribaciones de la sierra de Pachuca y hacia el W. el límite o barrera de esta meseta; está constituído por la serranía de El Tenate. Las aguas que bajan de las faldas de esta serranía hacia la meseta, y las que se recogen en la misma, se resumen y desaparecen. Se ha logrado conservar una pequeñísima parte de esas aguas en una presa a la que llaman laguna del Zoquital, y este resultado se debe a que la porción de la meseta contigua al cerro, está constituída por sedimentos cretácicos entre los cuales hay capas de pizarra arcillosa que allí afloran, y que constituyen una capa impermeable. El basalto presenta aquí una notable permeabilidad en grande, y aparece bien bajo la forma de lajas de considerable tamaño o bien de columnas. Hace algunos años se construyó una presa de gran capacidad en terrenos de la hacienda del Zoquital, situada sobre esa meseta; apenas se le hubo concluído, y después de las primeras lluvias, no quedó una sola gota de agua, pues toda se fué por las grietas del basalto del fondo.

Las aguas que, de acuerdo con la explicación anterior, se vuelven subterráneas, son las que alcanzan las masas profundas aún calientes de basalto y aparecen después en el manantial de los baños, siendo por lo tanto estas corrientes basálticas profundas las que han proporcionado el calor suficiente para volver a estas aguas termales. No lejos de Amajac, al otro lado de la meseta, aparecen también manantiales termales en arroyo Seco y Acaseca (1), aun cuando las aguas que alimentan estos manantiales no provienen de la llanura de Atotonilco el Grande, sino, probablemente, de los terrenos situados al Norte de la gran cortadura a que hemos hecho referencia. Aquellos manantiales son sulfurosos y ferruginosos.

En las faldas de la serranía de El Tenate y cerca de su base, existen depósitos formados por aguas termo-minerales; los de la parte E. y SE. son exclusivamente calizos, mientras que los del S. presentan en las grietillas de la caliza algunos granos de azufre y fuertes coloraciones causadas por los óxidos de fierro. Ambas clases de depósitos tienen seguramente el mismo origen, aunque los del S., parecen deberse a que las aguas que por allí salieron no estuvieron mucho tiempo en contacto con la caliza y los compuestos sulfurosos no tuvieron tiempo de combinarse totalmente con la cal y dieron lugar a la precipitación del azufre; en cambio, en los del E. y SE., las aguas han debido recorrer un espacio largo en contacto con la caliza y se han transformado los compuestos sulfurosos en sulfúricos, como se puede ver por el análisis que presentamos adelante, entre cuyos elementos predomina el sulfato de calcio y probablemente una pequeña parte de sulfatos de sodio, y tal vez de magnesio. Además, su olor no es sulfuroso. Los depósitos del E. y SE. sugieren la idea de que hubo en otra época varios manantiales, de los cuales el actual es el único resto, o que este último ha cambiado de sitio nos inclinamos por la primera hipótesis.

El análisis practicado en el Instituto Geológico, por el señor profesor Carlos Castro, de las aguas de este manantial, dió el siguiente resultado:

---

(1) "Los criaderos de fierros de la hacienda de Vaquerías," en el Estado de Hidalgo, por el ingeniero D. Juan D. Villarello y doctor E. Böse. Boletín del Instituto Geológico de México. Núm. 16. pág. 26.

Muestra de agua procedente de los baños de Amajac, Estado de Hidalgo.
Análisis número 119

Residuo a 110° C.	2.750 gramos por litro.

SO_4	1.321	gramos por litro.
Cl.	0.016	„ „ „
CO_3	0.471	„ „ „
SiO_2	0.047	„ „ „
NO_3	Huellas.	
Fe Al.	0.057	gramos por litro.
Ca.	0.583	„ „ „
Mg.	0.077	„ „ „
K.	0.055	„ „ „
Na.	0.102	„ „ „
Li.	0.017	„ „ „
	2.746	

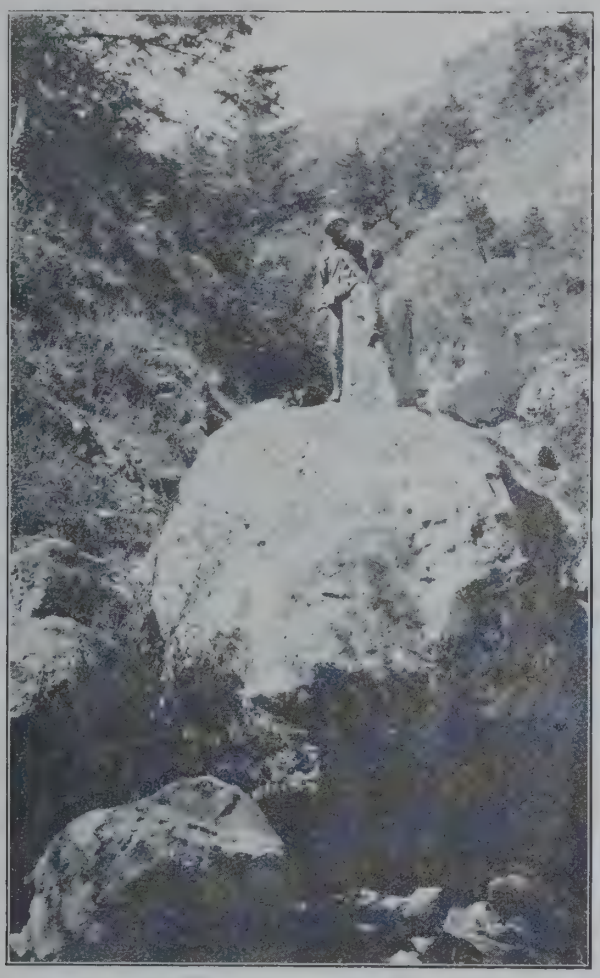
Los datos de este análisis, pasados a la forma moderna de presentar los análisis de aguas, nos dan el siguiente cuadro que hemos arreglado de acuerdo con las teorías de Chase Palmer:

ANALISIS DE AGUA, PROCEDENTE DE LOS BAÑOS DE AMAJAC, DISTRITO DE ATOTONILCO EL GRANDE, ESTADO DE HIDALGO

CONSTITUYENTES	Partes por millón	Total de materia inorgánica en solución, por ciento	Capacidad de reacción	Capacidad de reacción, por ciento
Acido sulfúrico (SO_4)	1,321	48.07	27.47	31.50
Acido carbónico (CO_3)	471	17.15	15.68	17.98
Acido nítrico (NO_3)	Huellas			
Cloro (Cl.)	16	0.58	0.45	0.52
			43.60	50.00
Sílice (SiO_2)	47	1.71		
Fierro y aluminio (Fe.+Al.)	57	2.08		
Calcio (Ca.)	583	21.23	29.09	33.27
Magnesio (Mg.)	77	2.80	6.33	7.24
Potasio (K.)	55	2.05	1.41	1.61
Sodio (Na.)	102	3.71	4.44	5.08
Litio (Li.)	17	0.62	2.45	2.80
Total	2,746	100.00	43.72	50.00

Mediante esta forma de presentar los análisis, se llega a las conclusiones siguientes, relativas al carácter mineral del agua y a su correspondiente clasificación. Tiene aquélla estos caracteres:

Salinidad primaria	18.98%
Salinidad secundaria	45.06%
Alcalinidad secundaria	25.06%

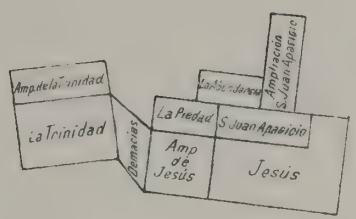


Fotografía número 37. Riolitas rodadas, en la Cañada de El Garrote. Mineral de "El Chico."

otografía número 38. Vista de la Cañada de Tetitlán, desde el horno de cal de la hacienda de cianuración de "Plan Grande." Mineral de "El Chico."

UNIVERSITY OF ILLINOIS

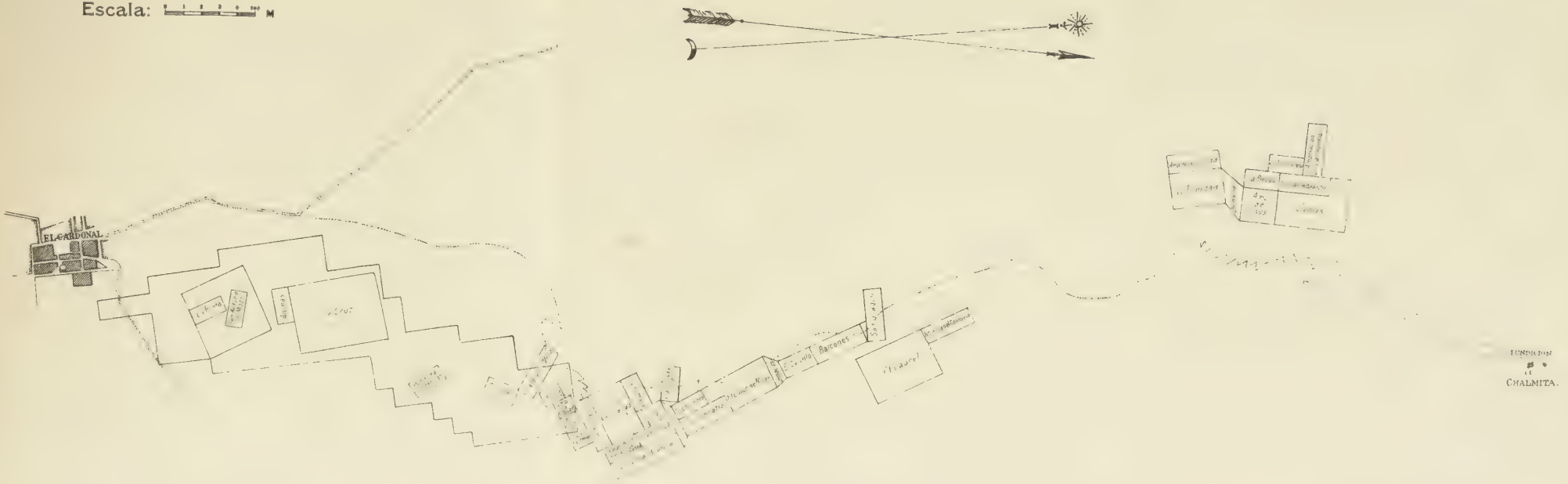
Planc
Di



Talleres Gráficos de la Nación.

Plano de los fundos mineros de **"El Cardonal,"**
Distrito de Ixmiquilpan, Edo. de Hidalgo.

Escala:



Talleres Graficos de la Nación.

Por lo tanto, corresponde a la muestra el carácter de agua dura, o, concretando más, el de "dureza permanente," según se desprende de la cifra tan elevada de su *salinidad secundaria,* esto es la propiedad derivada de los compuestos formados por la combinación de los ácidos fuertes (sulfúrico y cloro-radicales, principalmente el primero), con las bases alcalino-terrosas (calcio y magnesio, de preferencia el primero), dándonos también estos datos, de acuerdo con la clasificación de Haywood, los siguientes caracteres: alcalina-salina-sulfatada-cálcica-carbonatada.

Las aguas brotan del manantial en muy pequeña cantidad y su temperatura varía entre 54° y 56° C., bastante alta para explicar su gran poder disolvente, y por consiguiente la presencia en ellas de considerable proporción de sales disueltas, y si, por otra parte, se atiende al nivel topográfico relativo de este manantial con respecto al de su superficie de alimentación, es probable que su alumbramiento no sea causado solamente por presión hidrostática, sino que influya también en él la presión del vapor de agua. Las aguas al enfriarse depositan, sin embargo, relativamente, muy pocas substancias minerales, en comparación con la gran cantidad que traen disueltas, hecho que se debe probablemente a que estas aguas vienen saturadas de sulfato de calcio y a que existen en muy pequeñas proporciones los otros compuestos disueltos a favor de la presencia del CO_2.

El valor terapéutico de estas aguas tiene cierto interés. Podemos desde luego anticipar aquí algunas opiniones sobre sus propiedades, juzgadas desde el punto de vista medicinal. Su temperatura y radio-actividad (1) y el litio que las acompaña, hacen pensar en las propiedades curativas que pudieran tener para la gota y el reumatismo; en cuanto a uso interno o como aguas de mesa, son inadecuadas, por la gran cantidad de sulfato de calcio que contienen.

La salida de este manantial es conocida con el nombre de El Torito, y está protegida por la construcción de mampostería en forma de capilla o altar, que representa la fotografía número 59. El agua pasa por un caño angosto a los llamados "placeres," pequeños estanques también de mampostería, que se encuentran en el interior de los cuartos del edificio de los baños de Amajac (fotografía número 60). Algunos de estos estanques son de capacidad suficiente para más de una persona, y hay también uno bastante grande para natación. Hace algún tiempo, estos baños fueron muy frecuentados; pero a la fecha acude a ellos poca gente.

Fuente de Tonaltongo.—Al NE. del Cardonal y como a diez kilómetros en línea recta, está situada la gruta de Tonaltongo. Dos caminos conducen a ella, partiendo de El Cardonal: uno se dirige al Norte para seguir después hacia el Este, y el otro va casi exactamente al NE.; el primero es de largo recorrido y al segundo puede asignársele una longitud de 15 kilómetros, de los cuales los 10 primeros corresponden a un terreno casi plano, pues sus accidentes no son importantes; no así los cinco kilómetros restantes que se desarrollan en un espacio sumamente corto, pero que debido a la pendiente tan pronunciada del terreno, hay que recorrer en sig-zag; este fué el camino seguido por nosotros. La primera parte de él, o sea desde El Car-

(1) La radioactividad de estas aguas es indudable. Es un hecho hoy bien comprobado que la mayoría de los manantiales, aun los de agua fría, son radioactivos. Esperamos poder obtener pronto nuevas muestras de estas aguas, para poder determinar la cifra de su contenido en radio.

donal hasta Molanguito, atraviesa una porción del valle de San Miguel, del que ya hemos hablado; la segunda está contenida en la barranca, con un tramo en la pendiente derecha, o del E., y el resto en el fondo de la misma, dondo corre el río. Al alcanzar el fondo de la barranca (casa de D. Julio Gómez), el camino va corriente arriba, hacia la gruta, como si se dirigiera uno de nuevo a Cardonal, por un trecho como de tres kilómetros. La fotografía número 149, muestra un detalle de este camino. Durante el último tramo recorrido tuvimos que atravesar varias veces el río, y ya para entrar a la gruta, donde no hay puente de ninguna clase, fué necesario despojarnos de nuestras ropas, tanto para poder pasar al interior como para estar dentro, pues allí el agua infiltrada se desprende del techo en abundancia.

El lugar donde se encuentra la boca de la gruta no es visible a distancia; lo único que se distingue es una barranca al parecer profunda, que va desde las faldas del cerro de San Juan, hacia el E., hasta recortar en el horizonte el perfil de una "V" gigantesca, paso que es conocido con el nombre de barranca del Diablo (fotografía número 139). Y esta apariencia es engañosa, pues la boca de la gruta está situada no precisamente en esta barranca, sino a un lado de ella y a una profundidad considerable, lo que hace que la barranca pierda su interés para cederlo a la gruta.

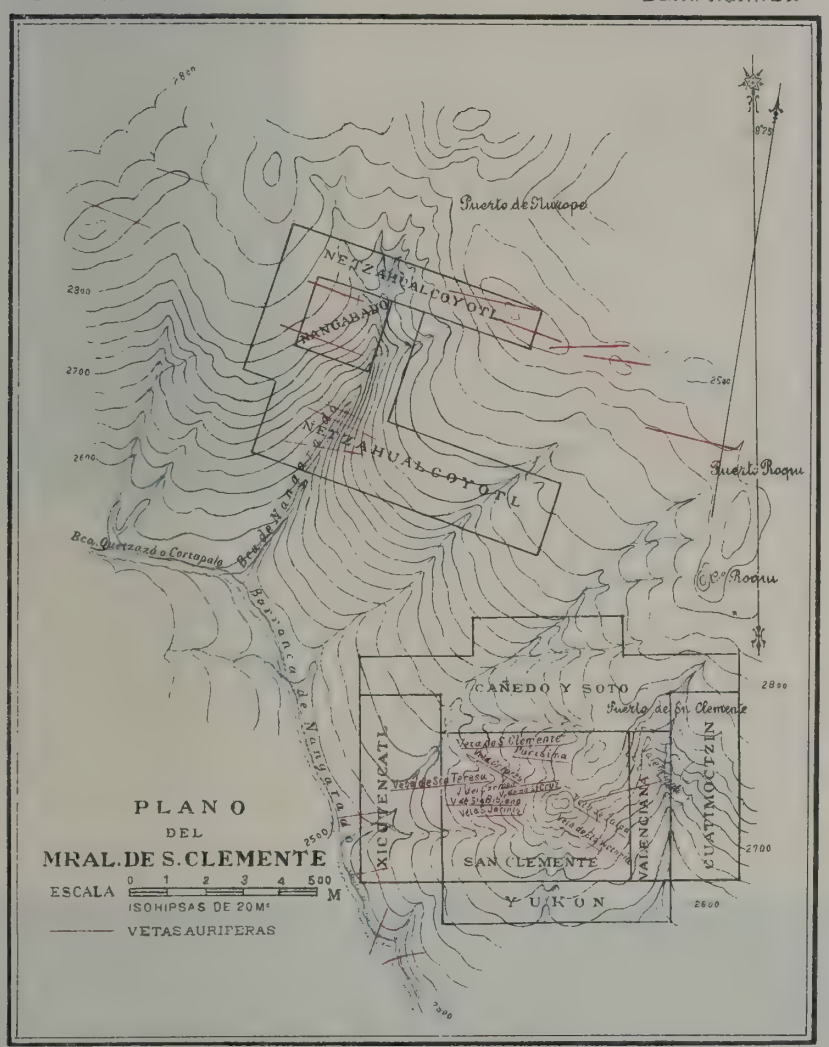
La topografía del lugar es impresionante, pues causa sorpresa, no sólo encontrar la gruta a esa profundidad, casi escondida y sin poderse antes sospechar su presencia (nosotros ya taníamos antecedentes), sino que también sorprende el río que sale de ella, de una agua notablemente lechosa y azulada.

En el recodo E. de un gran anfiteatro y en la parte inferior de una enorme masa de travertino, está la gruta. En la fotografía número 144 se ve este travertino, en su porción más pintoresca, cubierta de vegetación. Allí no aparece la entrada, pues quedó fuera del alcance de la lente de la cámara a tres o cuatro metros abajo del extremo inferior derecho. La entrada o más bien la boca, está representada en las fotografías números 141 y 145, y el lugar elegido como entrada, por su accesibilidad, está constituído por el canal que separa las dos masas blancas de travertino derrumbadas. Traspuesta esta entrada, se llega a la primera sala, que desde luego presenta bastante interés (fotografía número 146). Tiene una extensión máxima que puede estimarse en 20 metros y una anchura de 15 y está limitada hacia arriba por una bóveda muy irregular que en su punto más elevado tendrá unos diez metros de altura. Es hermoso el aspecto de este salón; del techo bajan dos potentes chorros, y uno por el costado Norte (fotografía número 147), los que semejan duchas gigantescas; los chorros se desprenden estrepitosamente con fuerte caudal y entremezclado con aire, lo que hace que al recibir la luz aparezcan no como de agua, sino como de turbulenta espuma. Una persona puede resistir solamente unos momentos el golpe de estos chorros; en cambio, es soportable el que baja por la pared Norte, o sea la del frente. Al pie de los costados N. y W. pasa rumoroso el río que viene de la caverna. En la fotografía número 144 aparece un pequeño socavón en cuya boca hay un grupo de miembros de la comisión. Esa obra es artificial y se dió con el intento de cortar esos dos grandes chorros para aprovechar el agua, canalizándola en la barranca, para la irrigación de terrenos; pero el intento falló, por causas fáciles de comprender y que explicaremos después.

Esta primera sala, por su esquina NE., se comunica con la segunda. La comunicación está constituída por una abertura de unos cinco metros de al-

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

Boletín núm. 43. Lám. núm. 21.



Talleres Gráficos de la Nación.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

de Amajac, tomada desde e

Fot. núm. 40.—Vista panorámica de la vertiente oriental de la sierra comprendida entre los "Organos de Actopan" y el valle de Amajac, tomada desde el cerro de "Los Jaspes."—Sierra de Pachuca.

to, y dos y medio de ancho, cuyo costado S. representa, al menos en apariencia, la pared de una grieta o respaldo, cuya orientación es de 45° NE. e inclinación de 54° al SW. El piso del segundo salón está elevado aproximadamente, un metro sobre el del primero. De esta altura se precipita la corriente que viene del interior, la que por estar encajonada adquiere fuerza, y ha excavado un profundo hoyo ocupado por un remolino difícil de franquear; pero que al fin traspusimos, después de tomar algunas precauciones. La sala está a obscuras; pero logramos, a pesar del fuerte viento y obstáculos que tuvimos que vencer, llevar nuestras lámparas de acetileno, a cuya luz pudimos apreciar el interior de esta segunda sala, no menos interesante que el de la primera. Sus dimensiones son inferiores a las de la anterior, y su configuración es semicircular de N. a S. por el E., y muy irregular por el W. Aquí son cuatro las duchas que arrojan tumultuosamente su agua, ninguna verticalmente, sino inclinadas todas, como si estuvieran enclavadas en la pared sus potentes tubuladuras.

La caverna continúa hacia el N. ya no por una nueva sala, sino por un callejón de 4 metros de altura y 2 de ancho, que se encorva hacia el E. Y hasta allí terminó nuestra exploración, porque no pudimos franquear el nuevo paso que tiene una altura como de dos metros que no es posible alcanzar estando el cuerpo a flote en las aguas de la poza, agitadas por fuerte movimiento giratorio (segundo remolino). Hubimos de conformarnos, pues, con lo poco que alcanzamos, que fué bastante. Recordaremos que el recorrido interior lo hicimos desnudos, porque de las grietas de la bóveda cae agua en abundancia, y así estuvimos durante largas tres horas mientras trajeron cuerdas para pasar a la segunda sala. En esta tarea nos ayudaron eficazmente algunos vecinos de Tonaltongo, cuyas casas en las cercanías probablemente no pasan actualmente de tres. El agua tiene una temperatura variable entre 36° a 37° C., que se siente muy agradable, y más lo sería si no se tuviera que soportar una fuerte corriente de aire que viene de las profundidades de la caverna.

El piso de las dos salas está cubierto de pequeños cascajos de caliza y lentecillas irregulares de pizarras, que la corriente ha llevado allí.

La gruesa masa de travertino que rodea la gruta, es el resultado del depósito químico de los materiales disueltos que lleva el agua. Esa masa está toda atravesada por canales de variadas aberturas que arrojan agua constantemente, dándole el aspecto de una gigantesca regadera. El trayecto de cada canal es, naturalmente, muy irregular, y no hay criterio seguro para conocer el curso de esos conductos, lo que explica que no haya sido fácil cortar los dos grandes surtidores de la primera sala, como se intentó hacer con el socavón de que hemos hablado. Como a unos quince metros abajo del nivel de la gruta, hay un pequeño manantial, cuyo receptáculo ha sido ensanchado, y al que llaman "baño del licenciado" (1).

Analizaremos ahora algunos hechos geológicos que tienen relación con la gruta y su funcionamiento hidráulico.

Observando la topografía del lugar, es fácil darse cuenta desde luego, de la intensa tectónica que conmovió a la región y dió origen a la profunda cortadura de Tonaltongo. Estos esfuerzos tectónicos, originales probablemente durante la época de los grandes movimientos orogénicos del país, trastorna-

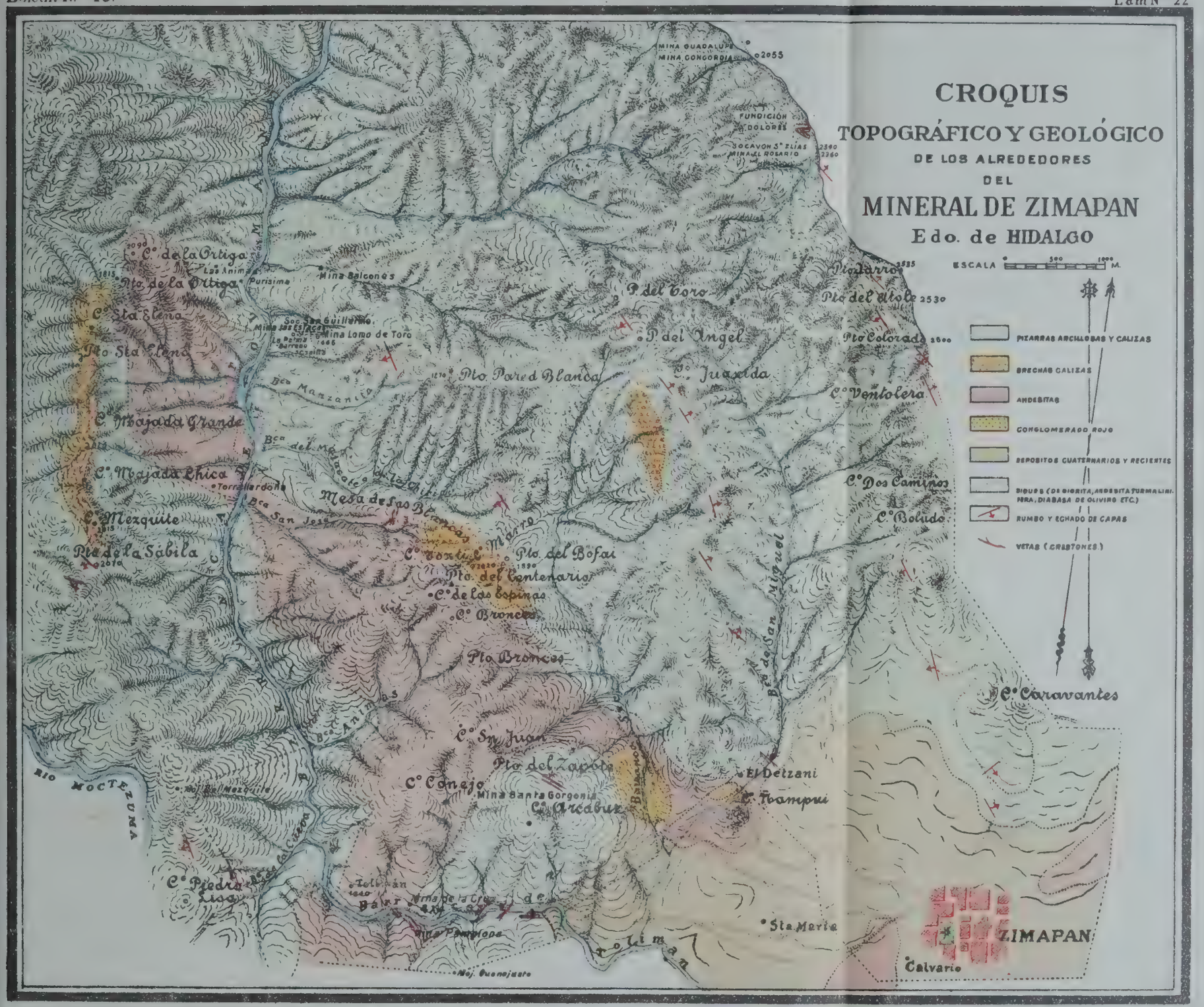
(1) Parece ser que este nombre se debe a que fué acondicionado el manantial para baño, por el señor licenciado Zenil, prominente vecino y nativo del Cardonal, quien llegó a ser Ministro de México, en Viena.

ron profundamente los depósitos cretácicos que formaban allí el suelo de la región, como puede observarse hoy en la disposición de las capas de caliza en la garganta del Diablo y la de las pizarras calizas y arcillosas de las cercanías. El trastorno más notable se advierte en las pizarras calizas y le sigue en importancia el de las pizarras arcillosas, habiendo sido tal vez el de las dos igualmente intenso; pero resalta en las primeras, porque están más a la vista que las segundas, las cuales constituyen la base de la formación. Un hecho muy significativo es que a pocos metros de la gruta aparecen las calizas descansando en estratificación discordante sobre las pizarras arcillosas, cuya orientación general es allí de E. a W., siendo sus echados casi verticales. La barranca, en corte, desde su lecho hasta Molanguito, punto elevado que se encuentra, como ya dijimos, en el camino a la gruta, tiene una profundidad de cerca de 600 metros, estando constituídas las paredes de esta profunda escotadura por calizas, casi en su totalidad. Algunas pizarras del fondo de la barranca tienen 49° a 61° SE. de rumbo, y echado de 65° a 70° al NE. Esta posición de las capas de las pizarras constituye un dato para conjeturar con alguna base, el trayecto probable y el origen de las aguas que salen por la gruta. En efecto, recordaremos la situación del valle de Actopan, respecto de la gruta y tendremos en cuenta los datos que le son relativos acerca de su hidrología, precipitación pluvial, etcétera. Tomaremos como dato aproximado de precipitación pluvial para este valle, el de 251 milímetros que corresponde al de Ixmiquilpan (1), que bien puede aplicarse al de Actopan por estar ambos valles en condiciones climatéricas muy semejantes, y anticiparemos como dato interesante para la hidrología de este valle, por la importancia que puede tener para el estudio de la circulación del agua de la gruta, el siguiente párrafo relativo a las aguas subterráneas del valle de Actopan, contenido en el estudio hidrológico antes citado.

"....El agua de los 2,000 kilómetros cuadrados del rumbo de Actopan, no escurre en la superficie hacia Ixmiquilpan, sino sólo en casos excepcionales; la que no se evapora, y la que no gastan las plantas en su alimentación, se convierte en agua subterránea en ese mismo valle, y al escurrir, siguiendo la dirección de las corrientes superficiales, se encuentra el macizo de rocas calizas del cretácico medio, cavernosas y fracturadas entre las que circula fácilmente por grietas y cavernas hacia el NE. o sea el río Amajac. Si pues existe esa salida de las aguas subterráneas de dicho valle y si se considera, además, la situación del mismo, al SE. de Tonaltongo, es decir, según la dirección general de los estratos de caliza y de pizarras arcillosas y se tiene en cuenta también su nivel o altura media, mucho más elevado que el de la boca de la gruta, puede, con grandes probabilidades, atribuirse cuando menos en parte, ese origen a las aguas que salen por la gruta. Un hecho que apoya esta hipótesis es la existencia en el macizo del Cushmayé, de una caverna de extensión desconocida; pero que muestra la posibilidad del paso subterráneo a través de los macizos calizos, cuyas capas, debido a su naturaleza cavernosa, inclinación y rumbo general, pueden servir de otros tantos conductos a favor de los cuales se realice la circulación subterránea de esas aguas."

El valle de Ixmiquilpan tiene un nivel más bajo que el de Actopan (1,715 metros), y son conocidas algunas de las salidas de sus aguas subterráneas, existiendo además, la posibilidad de que algún dique derivado de los ma-

(1) Estudio hidrológico del Valle de Ixmiquilpan, por el ingeniero T. Paredes. Parergones del Instituto Geológico de México. Tomo III. Núm. 3.



TALLERES GRAFICOS DE LA NACION.

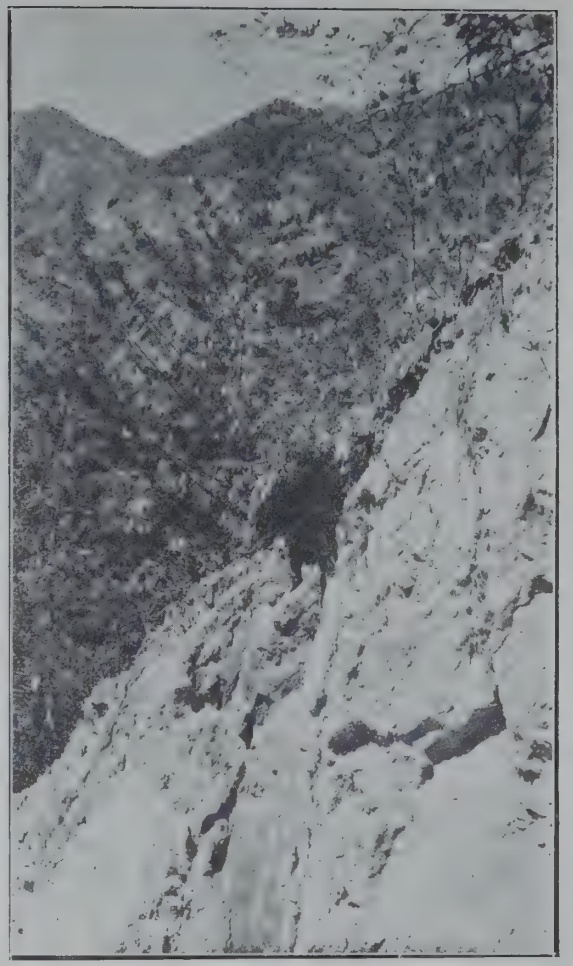
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Fotografía número 41. Crestón de la veta de Arévalo, y afloramiento del dique riolítico que la acompaña. (La casa es la del malacate, en el tiro de "California.") Mineral de "El Chico."

Fotografía número 42. Ramales del dique riolítico, que constantemente acompaña a la veta de Arévalo. Alrededores del tiro "Santa Isabel." Mineral de "El Chico."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Fotografía número 43. Crestón de la veta de Arévalo en la mina de La Laguna. Mineral de "El Chico."



Fotografía número 44. Respaldo bajo de la veta de Arévalo, en la superficie, cerca de la mina de Tetitlan.

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

UNIVERSITY OF ILLINOIS

cizos ígneos del Roqui y Santuario, constituya una barrera que impida a sus aguas caminar al E. Como fundamento o posibilidad de esta idea, mencionaremos el dique que aparece en el puerto de Buena Vista, a 3 kilómetros al N. de El Cardonal.

A las aguas que se recogen en el Valle de Actopan creemos que deben agregarse en corta proporción, parte de las que bajan al NE. de la cadena que hemos señalado entre Chichimequilla y el cerro del Fraile. Estas aguas atraviesan el suelo, debido a la permeabilidad en grande de las calizas que se presentan en gruesos bancos, pasan también a las calizas que aparecen en lechos delgados, menos permeables y llegan a las pizarras arcillosas, impermeables, por las que corren, siguiendo la dirección de ellas (en nuestro caso de W. a E.), y encuentran su salida a través de la gruta de Tonaltongo. Forzadas las aguas a seguir el curso indicado, fueron ensanchando paulatinamente su camino, primero por simple solución química, y después por solución química y erosión mecánica, puesto que con el tiempo iba aumentando el caudal, hasta haber originado así la caverna. Es bien conocido el fenómeno de la formación de cavernas en las calizas, para que aquí insistamos en su explicación. Este estudio especial ha creado la nueva rama de la ciencia geológica llamada Espeleología. En el caso que nos ocupa debemos hacer resaltar el hecho de una comunicación que la gruta debe tener con el exterior de alguna parte de su curso, que no conocemos; pero cuya existencia puede preverse por la fuerte corriente de aire que viene del interior y que debe formase como resultado de una diferencia notable de temperaturas entre el exterior, frío, y en el fondo de la barranca muy caliente.

La cantidad de agua que sale por la gruta, medida toscamente, resultó ser de unos 2.5 metros cúbicos por segundo, la que, calculada a razón de 251 milímetros de precipitación pluvial al año (según supusimos antes para el valle de Actopan), y de un 33% de esa cifra para el agua convertida en subterránea, requeriría, por lo menos, une superficie de 1,000 kilómetros cuadrados, superficie que puede tomarse principalmente del valle de Actopan, del de San Miguel (de éste, sobre todo la parte donde se asienta la hacienda de la Florida) y, como dijimos, de una parte pequeña de las aguas que bajan por el NE., de las montañas que bordean al Oriente al valle de Actopan.

La temperatura a que sale el agua pudiera ser causada como sigue: hemos dicho ya que alcanza un máximo de 37° C., y esta cifra re refiere al caudal principal; no haremos caso de las pequeñas corrientes secundarias ni del manantial del Licenciado, porque la cantidad de agua que llevan es muy corta, derivada de la principal y enfriada al contacto del travertino poroso que las envuelve. La temperatura de 37° C., corresponde a aguas termales (la fuente de Amajac es termal, caliente), y se debe a esto: el desnivel entre el origen de las aguas y su salida, es de 600 metros, en números redondos. La temperatura media en el exterior, es de 20° C., esto es, el agua al penetrar en el terreno, lleva esa temperatura que va aumentando con la profundidad en la relación admitida de 1° C., por cada 30 metros, descontando, por supuesto, la pequeña profundidad a la que es sensible todavía la radiación solar, que en nuestro caso despreciaremos, dado el grado de aproximación con que asentamos el número de 600 metros. Este aumento hace que el agua debiera tener a su salida $\frac{600}{30} + 20° = 40°$, que no alcanza, seguramente por la corriente de aire que la acompaña y debe quitarle algunos grados. La profundidad a la que

brota y los elementos que entran en la composición de ella, alejan toda sospecha de otro origen de esta temperatura.

La radioactividad del agua, determinada en el laboratorio de química del Instituto por el señor profesor Castro, resultó ser de 0.0856 unidades absolutas. Esta cifra no nos representa la radioactividad que posee el agua a su salida del manantial, sino después de 100 horas que transcurrieron desde que se tomó la muestra hasta su llegada al laboratorio, por lo tanto tiene que ser esa cifra mayor y se refiere exclusivamente a emanación de radio, que no se hizo un análisis especial para determinar la proporción de sales de radio disueltas. Aunque esta agua no tiene muchos gases en disolución, pues su curso muy agitado y turbulento le impide retenerlos, esos pocos gases, al desprenderse también con emanaciones de radio, deben haber hecho bajar la radioactividad de la muestra de agua recogida. Debemos advertir que la cifra consignada está multiplicada por 1,000, como se acostumbra hacer siempre que es muy pequeña. Una unidad absoluta de radioactividad equivale a 300 volts y se refiere a un litro de agua y a una hora. También se acostumbra expresar esta cantidad en "curies" (1), siendo un "curie" la cantidad de emanación de radio en equilibrio con un gramo de este elemento, cifra que resulta comparativamente muy elevada, por lo que se le reduce expresándola en millonésimas de millonésima de "curie." Hemos elegido el otro método por ser más cómodo. En vista de la cantidad probable de sales de radio y de las propiedades de las mismas, se puede asegurar que la radioactividad en las aguas de Tonaltongo es temporal, esto es, la emanación va disminuyendo paulatinamente hasta desaparecer. Esto tiene interés si se tratara de explotar esa agua con propósitos terapéuticos o industriales, para lo que sería necesario envasarla y transportarla, disminuyendo o perdiéndose entonces enteramente sus propiedades radioactivas; en cambio para el establecimiento de "emanatorios" o "inhalatorios" de radioactividad en la misma fuente, al estilo de algunos balnearios enropeos de naturaleza análoga, la radioactividad de estas aguas es importante.

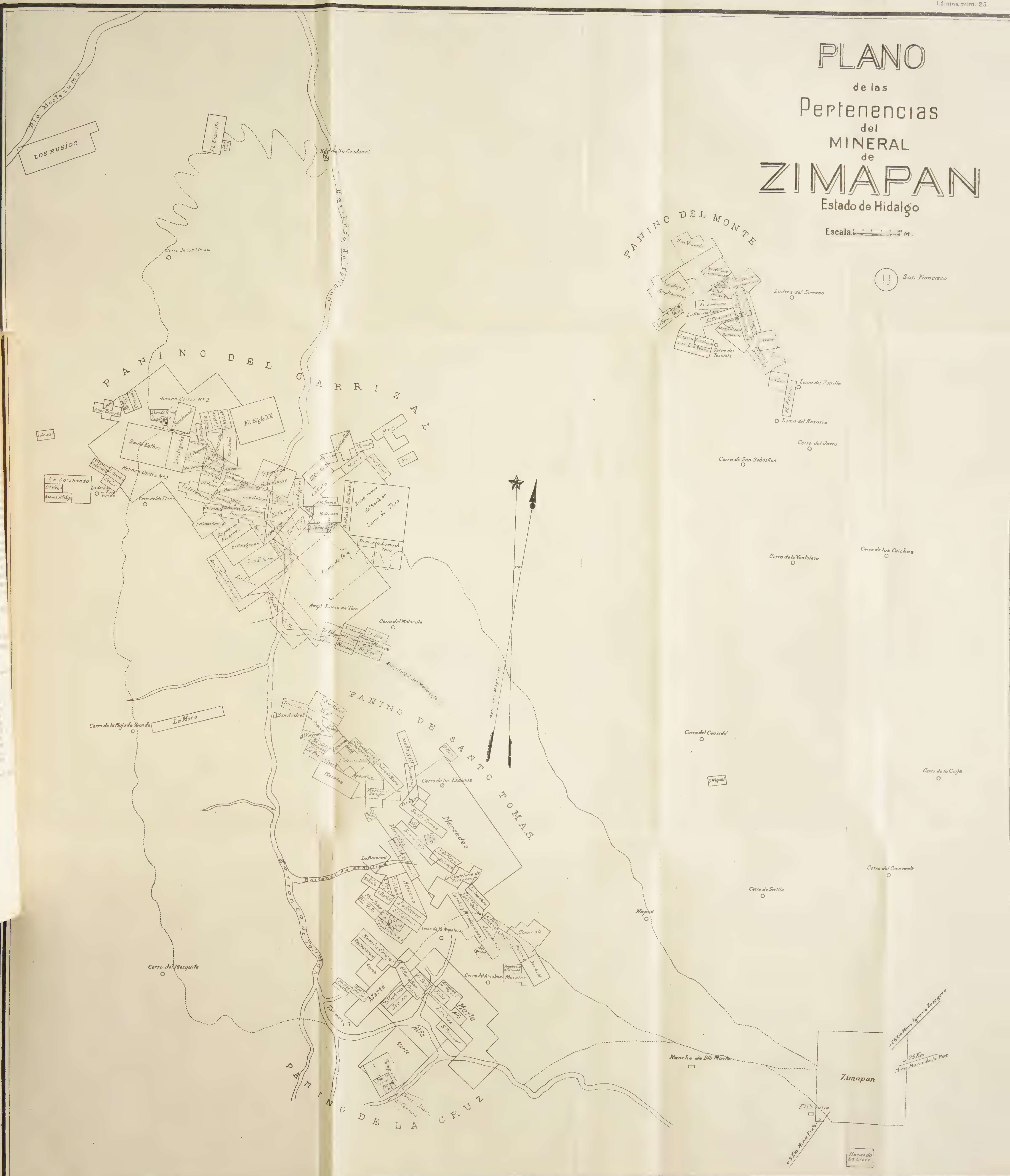
El análisis del agua, practicado en el laboratorio del Instituto Geológico por el citado señor profesor Castro, es el siguiente:

Muestra de agua procedente de la gruta de Tonaltongo, Municipio de El Cardonal, Distrito de Ixmiquilpan, Estado de Hidalgo

Análisis número 90

Cl.	0.047	grs. por litro.
SO_4.	0.069	„ „ „
CO_3.	0.210	„ „ „
NO_3.	0.004	„ „ „
Fe + Al.	0.008	„ „ „
SiO_2.	0.046	„ „ „
Ca.	0.080	„ „ „
Mg.	0.036	„ „ „
K.	0.025	„ „ „
Na.	0.031	„ „ „
Li.	0.009	„ „ „
	0.565	

(1) En honor de los esposos Curie, quienes descubrieron y estudiaron por primera vez el radio.



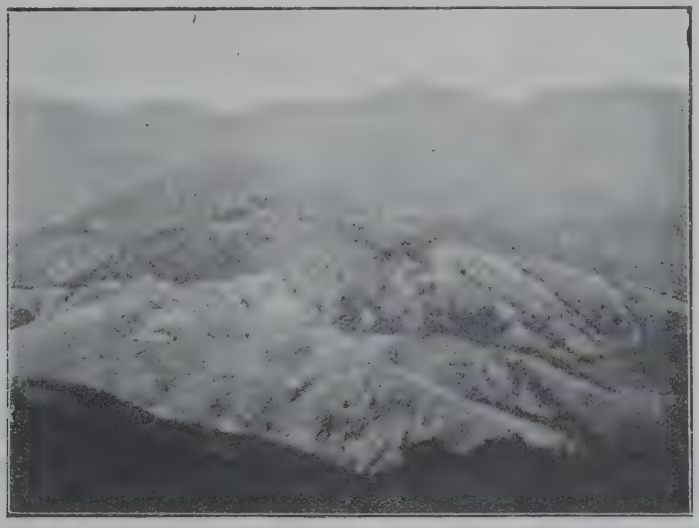
Talleres Graficos de la Nacion

Fotografía número 45. Dique riolítico en la ranchería de "San Sebastián." Al Norte del Mineral de "El Chico."

Fotografía número 46. Crestón de Alarcón, cerca de Santelices, en la margen izquierda del río de El Milagro, alrededores del Mineral de "El Chico."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Fotografía número 47. Crestón de "Santelices." Margen derecha del río de "El Milagro." Alrededores del Mineral de "El Chico."



Fotografía número 48. Cerro Blanco, al Norte del Mineral de "El Chico." Contacto de las calizas cretácicas con las rocas ígneas, de la sierra de Pachuca.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Con estos datos arreglamos el cuadro siguiente, según el método de Chase Palmer que ya mencionamos:

Radio-actividad. . .	0.0856	unidades absolutas por litro.
Materia orgánica. . .	0.007	grs. por litro.
Residuo a 110°C. . .	0.552	„ „ „

ANALISIS DE AGUA PROCEDENTE DE LA GRUTA DE TONALTONGO, DISTRITO DE IXMILQUILPAN, ESTADO DE HIDALGO

CONSTITUYENTES	Partes por millón	Total de materia inorgánica, en solución por ciento.	Capacidad de reacción	Capacidad de reacción por ciento
Acido sulfúrico (SO_4)	69	12.21	1.44	7.33
Acido carbónico (CO_3)	210	37.18	6.99	35.59
Acido nítrico (NO_3)	4	0.71	0.06	0.31
Cloro (Cl)..	47	8.32	1.33	6.77
			9.82	50.00
Fierro y aluminio (Fe+Al)	8	1.42		
Sílice (SiO_2).....	46	8.15		
Calcio (Ca).....	80	14.16	3.99	19.50
Magnesio (Mg)..	36	6.37	2.96	14.47
Potasio (K).....	25	4.43	0.64	3.13
Sodio (Na).	31	5.45	1.35	6.60
Litio (Li)...	9	1.60	1.29	6.30
Total..	565	100.00	10.23	50.00

Por el resultado del análisis anterior puede asignarse al agua procedente de este manantial, los siguientes caracteres:

28.82 por ciento de Salinidad primaria.
2.24 „ „ „ Alcalinidad primaria.
67.94 „ „ „ Alcalinidad secundaria.

Es, por lo tanto, de dureza temporal, propiedad correspondiente al tanto por ciento tan elevado de su alcalinidad secundaria, o sea, a la proporción de compuestos formados por la combinación de ácidos débiles (carbónico en nuestro caso, con las bases alcalinoterrosas (calcio y magnesio). De acuerdo con las ideas de Haywood, podemos clasificar esta agua como alcalina-salina, cálsica-magnésica, carbonatada.

Considerada como agua mineral, puede decirse que es potable. En las cercanías de la gruta, los pocos habitantes que hay por allí la emplean en los usos domésticos y para el riego de terrenos. Antes de que se despoblara el Mineral de El Cardonal, los vecinos de este lugar hacían frecuentes visitas a

estos baños, cuyas aguas sin duda poseen propiedades curativas, tanto por las sales que tienen en solución, como por la radioactividad de ellas; actualmente es escasa la gente que las visita, quizá debido a su lejanía. Se nos informó que en algún tiempo hubo establecido allí un balneario, aunque muy rudimentario.

Por la importancia de esta fuente y la belleza del lugar, creemos que pudiera establecerse un balneario en forma, para lo cual habría que contar, en primer lugar, con facilidades de comunicación.

La barranca de Tonaltongo es feraz, sus productos son tropicales y es muy pintoresca.

También nos llegaron vagos informes de que se intenta canalizar el agua de la gruta llevándola por la barranca en un trecho largo hasta cerca de su reunión con el Amajac, con el objeto de aprovechar su caída en la producción de energía eléctrica. Sea como fuere, nos parece que esta fuente tiene reservado un porvenir halagüeño.

VALLES

Los valles, tocados de una manera incidental en este estudio, son los de Actopan, Ixmiquilpan y Zimapán. Cada vez que tuvimos oportunidad tomamos algunos datos referentes a estas cuencas, los que consignamos aquí, no sin advertir que, no siendo el especial objeto de nuestra expedición el estudio de estos valles, las observaciones a ellos referentes son de carácter general y podrán dar idea de la importancia que deberá consagrárseles algún día, principalmente al de Actopan, extensa región hoy árida y seca, pero que puede tener cierto porvenir cuando disponga de agua suficiente para su población y su agricultura. El valle de Ixmiquilpan ya fué estudiado en otra ocasión por el Instituto Geológico y al trabajo relativo enviamos a las personas interesadas en los datos que le corresponden.

Valle de Actopan. Los límites de este valle son: al N., y NW., los cerros de Las Pilas, La Presa y Huadrí; al E., el tramo de la sierra ya descrito, comprendido entre Los Organos de Actopan, Chichimequilla y Santhé; al W. y SW., la serranía de San Miguel de la Cal, y al S., los cerros de La Cantera y Guadalupe, que son contrafuertes de la sierra de Pachuca, y la pequeña serranía de Chicavasco. Entre estos cerros y la sierrita de San Miguel pasa el río de Actopan, el cual, después de atravesar el valle de su nombre, sigue hacia el de Ixmiquilpan, al que entra por el paso de Debodé salvando por allí la barrera de cerros que limita, al NW., al valle de Actopan. De las montañas que forman estos límites, las del NE., E. y S., hasta el cerro de La Cantera y las de Chicavasco, son de origen eruptivo y las del N., W. y S. son de origen sedimentario. Damos a continuación una lista de rumbos magnéticos tomados con brújula Brunton desde el cerrito de Tijaui, de algunas eminencias y sitios de interés que rodean al valle de Actopan. El cerrito de Tijuai se levanta a muy poca altura sobre la ranchería de Santa Mónica, cerca del rincón NE. del Valle. (Fot. núm. 101.)

RUMBOS MAGNETICOS TOMADOS DESDE EL CERRO DEL TIJUAI

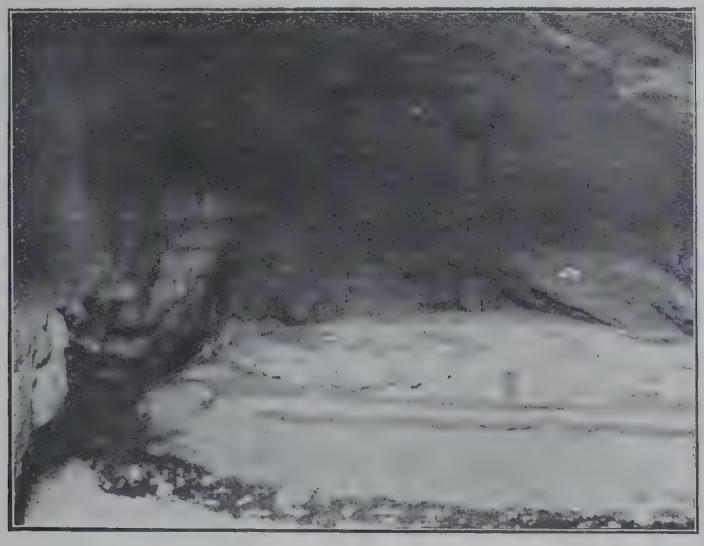
Cerro Verde.	33° NE.
Cerro Picacho.	82° NE.
Cerro del Sitio.	72° SE.
Cerro de La Estancia.	40° SE.
Hacienda de La Estancia.	11° SE.

Fotografía número 49. Riolita rodada del cerro del Picacho, que descansa sobre los conglomerados cuarzosos del pequeño valle de "Sanctorum." Alrededores del Mineral de "El Chico."

Fotografía número 50. Boca que conduce al curso subterráneo del río de "Los Griegos," alrededores de "Sanctorum," al Norte del Mineral de "El Chico."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Fotografía número 51. Interior de la gruta llamada "Puente de Dios," en los alrededores de "Sanctorum," al Norte del Mineral de "El Chico." (Vista tomada hacia el SW.)



Fotografía número 52. Interior de la gruta llamada "Puente de Dios," en los alrededores de "Sanctorum," al Norte del Mineral de "El Chico." (Vista tomada hacia el NE.)

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Santa Mónica	2° SE.
Cerro más alto de Chicavasco	12° SW.
Cerro San Miguel de la Cal	65° SW.
Hacienda de Ocotzá	38° NW.
Cerro de la Pila	52° NW.

La salida de las aguas superficiales de este valle tiene lugar hacia el NW., como hemos dicho, por Debodé; el río que las reúne se llama de Actopan y su régimen es de avenidas durante las grandes lluvias, pues su cauce está seco la mayor parte del año; este río se origina en las falda SW. de la sierra de Pachuca. (Véase el esquema fisiográfico relativo, lámina 2.)

Los manantiales que conocimos en este valle son muy pequeños y todos están situados en las faldas de las montañas del NE. y E. Los que brotan en los cerros de La Estancia se utilizan para proveer de agua potable a la población de Actopan, durante una parte del año, pues casi desaparecen en la estación de secas, y además, como no hay vegetación en las montañas, no hay humedad, las lluvias son poco frecuentes, determinando todos estos factores la escasez de agua en esas fuentes. Al Poniente de Actopan brota un manantial en la hacienda de Cosahuayán, entre riolitas y tobas riolíticas. Al Norte de Actopan y a la orilla del pueblito de Santiago brota, en la barranca de este nombre, un pequeño manantial entre depósitos sedimentarios recientes y los basaltos (fotografía núm. 103) de aquel lugar, a los cuales tendremos oportunidad de referirnos en el capítulo relativo a la Geología general de la zona.

Para contrarrestar esta falta de agua, siquiera sea para los usos domésticos, hay pozos abiertos en la población que dan agua cuyas condiciones de pureza, y por consiguiente de potabilidad, pueden ser aceptables en la región del valle que se acerca a las faldas de las montañas eruptivas, pero que debe ponerse en tela de juicio si se trata de pozos abiertos en la parte más baja, en las cercanías de los terrenos irrigados por las aguas procedentes del desagüe del Valle de México, en donde son contaminados por estas aguas. El agua se encuentra en los pozos a alturas variables que aumentan progresivamente a medida que su localización se acerca a la porción central del valle.

La lista que sigue muestra la profundidad a que se encuentra el agua en varios pozos que medimos, y da una idea del nivel de las aguas freáticas de esta región del valle de Actopan.

	Metros
Pozo de Santa Mónica (Fot. núm. 102)	8.00
Pozo de la hacienda de La Estancia	8.00
Pozo del barrio de La Peña	8.00
Pozo de la casa cural de Actopan	10.00
Pozo de la casa de don Anselmo Gómez	16.30
Pozo de la casa de la señorita Concepción Enríquez	19.73
Pozo de San José Tepenené	22.00
Pozo en la casa del señor Ezequiel Flores	25.65

Estos pozos producen bastante agua, pues según informes proporcionados por el señor don Ezequiel Flores, llegó a obtener en el pozo de su propiedad un gasto de 15 litros por minuto, sin que bajara sensiblemente el nivel del agua. El pozo de la estación abastece los servicios del F. C. de Pachuca a Ixmiquilpan, y se ha dado el caso de que, cuando en Pachuca ha faltado este elemento de vida, han llevado agua de este pozo a dicha capital.

Respecto a algunos datos hidrográficos y pluviométricos relativos a este valle, hemos tenido ya ocasión de referirnos a ellos al hablar de la fuente de Tonaltongo.

Valle de Zimapán.—El valle de Zimapán (fot. núm. 158), está drenado por el río de Tolimán, que corre en el fondo de la barranca de su nombre, y por sus afluentes; alimentándose todos de los escurrimientos de las vertientes montañosas del sistema ya descrito que rodea al valle y por manantiales pequeños que aparecen en éste. Algunos brotan en la misma población de Zimapán y provienen de las aguas que corren entre los estratos de las calizas de los cerros situados al N. y NW.; uno de los manantiales surte un baño público, y algunos de los otros más pequeños se utilizan para el riego de pequeñas parcelas. La barranca de Tolimán lleva agua siempre, aunque muy poca en la época de secas. El agua que entonces corre por ella se pierde entre las arenas del lecho, apareciendo más adelante en el mismo lecho y repitiéndose este fenómeno varias veces. La cuenca hidrográfica del río de Tolimán (fotografía núm. 162), abarca una extensión aproximada de 160 kilómetros. En otro lugar nos hemos referido ya a los límites fisiográficos de este valle, quedándonos sólo por agregar la siguiente lista de rumbos magnéticos tomados con brújula Brunton desde el cerrito Nanpui, situado en la región Poniente del valle y a corta distancia de la población de Zimapán, lista que comprende los puntos más interesantes de los accidentes fisiográficos que rodean al valle en una vuelta completa de horizonte y que se perciben desde el citado cerrito:

RUMBOS MAGNETICOS DE LAS PRINCIPALES EMINENCIAS DE LOS ALREDEDORES DE ZIMAPAN, TOMADOS DESDE EL CERRO DEL NANPUI

Puerto Colorado	10° NE.
Cerro de Dos Caminos	23° NE.
Cerro Boludo	35° NE.
Cerro Caravante	57° NE.
Cerro del Muí (en la Cruz)	84° NE.
Cerro de La Cantera	78° SE.
Cerro de Las Lindas	68° SE.
Cerro del Santuario	68° SE.
Cerro de Aguacatal	68° SE.
Hacienda de Cuaxithí	54° SE.
Cerro de Juárez	52° SE.
Hacienda de Xhitá	38° SE.
Cerro del Tinthé	35° SE.
Cerro del Gualulo	30° SE.
Cerro del Dashi	4° SE.
Puerto Chametla	35° SW.
Cerro del Fuste (Los Baños)	63° SW.
Cerro del Espolón	82° NW.
Cerro de San Juan	84° NW.
Cerro del Arcabuz	71° SW.
Cerro de Las Espinas	65° NW.
Cerro de Santa Elena	61° NW.
Cerro de El Morro	57° NW.
Cerro Las Loras	56° NW.
Cerro de La Piedrota	55° NW.
Cerro de La Ortiga	55° NW.

Fotografía número 53. Depósitos recientes formados en una presa natural, cuya cortina es un dique riolítico. Inmediaciones de Santa Ana, en los alrededores del Mineral de "El Chico."

Fotografía número 54. Tobas pomosas entre Amajac y los baños de Atotonilco el Grande.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Fotografía número 55. Pueblo de "Santa María Amajac," situado sobre formaciones cretácicas. Al Norte del Mineral de "El Chico."

Fotografía número 56. Valle del río Amajac. Vista tomada desde inmediaciones del pueblo de Santa María.

OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Cerro Pinturas	54° NW.
Cerro de Los Lirios	44° NW.
Cerro de Juashidhó	16° NW.
Puerto del Angel	16° NW.
Cerro del Guajolote	5° NW.

CLIMAS, VEGETACION Y VIENTOS

El viento dominante en la región recorrida es el del N. NE., viene saturado de humedad del Golfo de México, y encontrando a su paso altas barreras montañosas, al enfriarlo y condensar esa humedad lo despojan de ella, teniendo lugar este fenómeno de condensación, primero en las sierras que se encuentran entre Zimapán y La Encarnación, que son las más septentrionales; después por la barrera constituída por el macizo montañoso Juárez-Roqui, y por último por el macizo Los Organos de Actopan-Zumate, todos orientados sensiblemente de E.-W.; y por esto se observa el flanco Norte de estas sucesivas cadenas cubierto de vegetación, en contraste con el flanco Sur, desprovisto de ella o con plantas raquíticas. Las demás partes de la zona se encuentran en condiciones parecidas al flanco meridional de las citadas barreras, esto es, carecen de humedad, debido, por una parte, a su poca altura o desfavorable orientación, y por otra, a que la caliza compacta que es la roca que en general las constituye, no es apta, por no estar alterada por el intemperismo, para constituir un suelo agrícola apropiado y alimentar una vegetación vigorosa, pues la que en ellas crece está constituída principalmente por cactáceas, tales como órganos, nopales, cardos, biznagas, etc.

El clima es, por lo tanto, en los flancos septentrionales de las tres barreras citadas, frío en el invierno y templado y muy agradable en el verano, sin ser extremoso. De este carácter participa el clima de las dos poblaciones que se encuentra en los extremos de la zona recorrida: El Chico y La Encarnación, las cuales durante el verano disfrutan de una temperatura deliciosa y durante el invierno se ven humedecidas por constantes lluvias o cubiertas por espesas brumas durante muchos días o muestran sus elevadas cumbres revestidas a veces de nieve.

Lo anterior se refiere a las montañas; en cuanto a los valles y barrancas, diremos de los primeros que todos son áridos y tristes, a excepción hecha de una parte pequeña del valle de Ixmiquilpan, hoy irrigada, y rica por eso. El resto de este valle, el de San Miguel, el de Actopan, son eriazos, monótonos y secos, que se recorren en medio de un cálido ambiente y con el camino obstruído a menudo por las plantas espinosas ya mencionadas; escueta flora que corresponde al clima semidesértico de esta parte de la Mesa Central. Recordaremos el significativo nombre de un mineral situado en el extremo SE. del valle de Ixmiquilpan: El Cordonal, y otro no menos expresivo, situado en el extremo SE. del valle de Actopan: El Arenal. Después del mediodía, ya que la tierra ha sido caldeada por el sol canicular, pequeñas corrientes de aire regulatrices se levantan aquí y allá en la extensa llanura blanquizca o gris, formando altos remolinos que esparcen en el aire el polvo fino de los valles; polvos, que, al descomponer la luz y en combinación con las nubes acumuladas en las lejanas montañas nos procuraba al caer de la tarde, al rendir el sol y los exploradores la jornada, la delicia y el consuelo de contemplar, como una compensación al calor y a la fatigas del día, el horizonte iluminado por los bellos crepúsculos vespertinos que se observan con tanta frecuencia en la región.

El clima del valle de Zimapán difiere algo del de los otros valles. Aunque las lluvias no son tampoco abundantes, se le debe clasificar de templado y muy agradable, estando aún en el invierno, resguardado de los rigores de la estación por las montañas que lo limitan al Norte. Es un hecho curioso que durante el día no se percibe en la población el olor arsenical del humo de sus fundiciones; en cambio, durante la noche, sopla hacia el valle un fresco viento que parece provenir de las montañas del Sur y que se origina por el cambio diurno de temperaturas, y entonces la población queda envuelta por una atmósfera en la que resalta el olor característico del arsénico.

En las barrancas, resguardadas de la radiación y de los vientos por sus altas laderas, el clima y la producción son semitropicales. De las barrancas de la sierra son transportados para su venta en las poblaciones de las partes altas, zapote, plátano, aguacate, mango, naranjas (son famosas las de Tolimán en toda la República); productos todos que se explotan rudimentariamente y de los que viven las humildes familias que habitan el fondo de las cañadas de Amajac, Tonaltongo, Bonanza, Quetzalapa, Tolimán, etc. Esperamos que algún día, tal vez no muy lejano, estos lugares adquieran nueva vida y desarrollo cuando las arterias de las civilización o sean los ferrocarriles (o los buenos caminos para automóviles), unan estos centros de producción con los de consumo, y se establezca así el intercambio comercial.

LISTA DE ALTURAS BAROMETRICAS TOMADAS DURANTE LA EXPEDICION

	Metros
Actopan.—Estación del F. C. a Ixmiquilpan. (F. C. de Pachuca a Zimapán y Tampico)	1,985
Actopan.—Pueblo	1,990
Adjuntas.—Neptón	2,000
Adjuntas.—Tonaltongo	1,430
Amajac.—Santa María	1,780
Atotonilco El Chico	2,350
Atotonilco El Grande	2,200
Arroyo de La Viga.—El Chico	1,835
Bandola	2,320
Barranca al S. del Pto. de Xita	1,980
Barranca de Dedó.—Mineral de Zimapán	1,745
Barranca de San Francisco.—Actopan	2,475
Barranca de San Pascual.—Zimapán	1,910
Barranca del Diablo.—Zimapán	1,750
Barranca del Piojo.—Actopan	2,505
Barranca del Suspiro.—Zimapán	1,730
Barranca Seca.—Zimapán	1,760
Bonanza (Población del Mineral)	1,800
Camposanto del Oro.—Zimapán	2,525
Capula.—Iglesia	2,410
Cardonal.—Capilla de San Miguelito	2,150
Cardonal.—Pueblo	2,050
Cerezo.—Pachuca	2,530
Cerro Cangandó.—Zimapán	2,852
Cerro Colorado.—Actopan	2,390
Cerro Cushmayé.—Ixmiquilpan	2,525
Cerro de Dolores. Abra en la Cima.—Zimapán	2,660
Cerro de La Ortiga.—Zimapán	2,090
Cerro de Las Vigas.—El Chico	2,400
Cerro de Miguel Hidalgo.—Capula	2,325
Cerro del Mezquite.—Zimapán	2,015

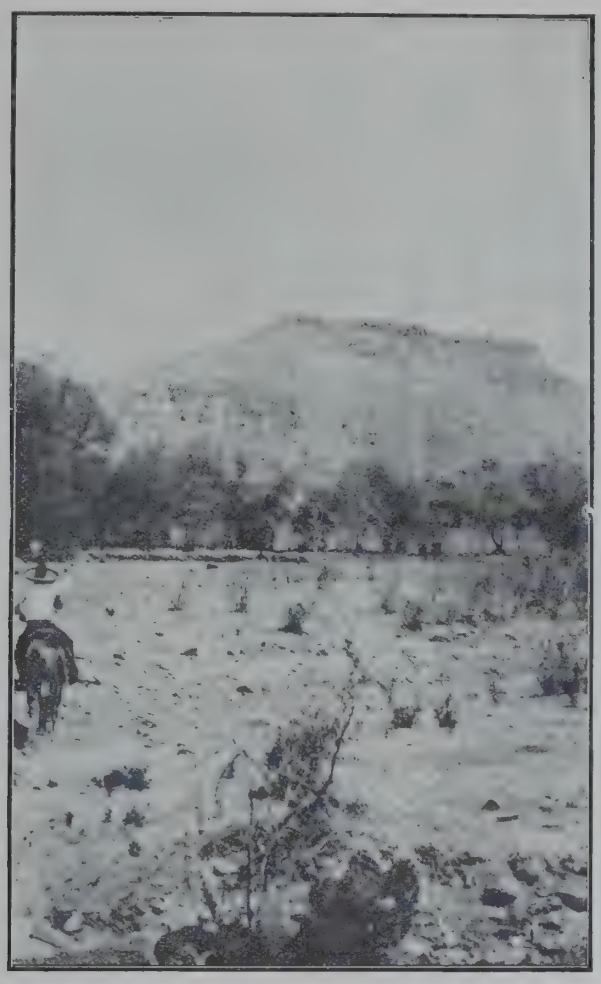
	Metros
Cerro del Morro.—Zimapán	2,020
Dedó.—Actopan	1,730
El Manchado.—Ranchería.—Cardonal	2,070
Hacienda de La Estancia.—Actopan	2,200
Hacienda de La Estancia.—Zimapán	1,910
Hacienda de Monte Noble.—Actopan	2,180
Hacienda de Tolimán.—Zimapán	1,640
Hacienda de Velasco.—Omitlán	2,345
Ixmiquilpan	1,715
La Cueva, en el camino de los minerales de Bonanza a Zimapán	1,820
La Encarnación.—Zimapán	2,280
La Sabanilla, entre Pachuca y El Chico	2,935
La Venta.—Zimapán	1,935
Lagunillas.—Actopan	2,020
Las Plomosas, ranchería.—Actopan	2,370
Los Cimbrones, ranchería.—Capula	2,450
Mina Balcones.—Zimapán	1,535
Mina Dolores.—Zimapán	2,370
Mina El Rosario.—Zimapán	2,360
Mina La Concordia.—Zimapán	2,055
Mina La Cruz.—Arenal, Actopan	2,200
Mina La Cruz.—Zimapán	1,670
Mina La Negra.—Actopan	2,220
Mina Lomo de Toro.—Zimapán	1,665
Mina San Francisco.—Zimapán	1,930
Mina San Ignacio	2,020
Mina San Judas.—Bonanza	1,780
Mina San Luis Orizaba, Mineral de Capula	2,150
Mina Santa Ana.—Capula	2,125
Omitlán	2,360
Pachuca	2,440
Pechuga, Población del Mineral	2,020
Pechuga, Río de	2,000
Peñas de Las Monjas	2,920
Peña de Las Ventanas.—El Chico	3,086
Los Organos de Actopan (al pie de la aguja)	2,950
Peña del Cuervo.—El Chico	2,820
Peña del Zumate.—Omitlán	3,060
Puente de La Encarnación.—Tasquillo	1,605
Puentecillas	2,500
Puerto Colorado.—Zimapán	2,500
Puerto de Alarcón.—El Chico	1,980
Puerto de Dedó, entre Bonanza y Zimapán	1,990
Puerto de Espíndola.—Pachuca	2,540
Puerto de La Cruz de Cadena.—El Chico	2,500
Puerto de La Majada, al W. de la Barranca de Tolimán. Mineral de Zimapán	2,015
Puerto de La Oreja.—Ixmiquilpan	1,860
Puerto de La Ortiga.—Bonanza	1,815
Puerto de La Palma.—Pachuca	2,490
Puerto La Palma.—Zimapán	1,980
Puerto de La Rodilla.—Actopan	2,400
Puerto de La Sábila.—Zimapán	2,070
Puerto de Las Crucesitas.—Bonanza	1,815
Puerto de Las Majadas, entre Zimapán y La Encarnación	2,000
Puerto de Las Trancas, entre Zimapán y La Encarnación	2,050
Puerto de Los Naranjos.—Actopan	2,500
Puerto de El Tomate.—Mineral de Bonanza	1,950
Puerto de Molanguito.—Mineral de El Cardonal	1,990

	Metros
Puerto de Pared Blanca.—Mineral de Zimapán	1,870
Puerto de San Martín.—Mineral de Bonanza	1,990
Puerto de San Miguel.—Mineral de Zimapán	2,470
Puerto de Santa Elena.—Mineral de Zimapán	2,140
Puerto de Xitá.—Zimapán	2,040
Puerto del Aire.—Zimapán	1,990
Puerto del Anarco	1,710
Puerto de Atole.—Zimapán	2,530
Puerto del Bofai.—Zimapán	1,890
Puerto del Bonchi	2,570
Puerto del Jarro.—Zimapán	2,535
Puerto del Jushpidé.—Zimapán	1,765
Puerto del Oro.—Encarnación	2,580
Puerto del Suspiro.—Zimapán	1,740
Puerto entre El Muí y Las Lindas.—Zimapán	1,810
Rancho de El Aguacatillo.—Zimapán	1,850
Rancho de Santa Ana	1,975
Real del Monte	2,680
Río de La Yerbabuena.—Arenal	2,240
San Pablo.—Bonanza	1,650
San Pedro.—Zimapán	1,880
Santa Mónica.—Actopan	2,145
Sanctorum.—El Chico	1,800
Santelices.—El Chico	1,930
Santiago.—Actopan	2,130
Santuario.—Ixmiquilpan	2,360
Socavón Aurora.—El Chico	2,170
Socavón Concordia.—Zimapán	2,025
Socavón Ernestina.—Arenal	2,315
Socavón Josefina.—Arenal	2,140
Socavón Neptón.—El Chico	2,014
Socavón San Elías.—Zimapán	2,340
Socavón de San Eugenio.—Mineral de Capula	2,170
Socavón San Guillermo.—Zimapán	1,545
Tasquillo.—Capilla	1,660
Tasquillo.—Pueblo	1,650
Tepenené.—Actopan	2,100
Tiro de Capula	2,420
Tonaltongo. Casa de Julio Gómez	1,480
Tonaltongo.—Gruta	1,460
Venta de Xitá.—Zimapán	1,935
Venta de La Palma.—Zimapán	1,945
Venta del Aguacatillo.—Zimapán	1,885
Venta de El Diablo.—Zimapán	1,755
Yolotepec.—Actopan	2,060
Zimapán (Población del Mineral)	1,790

GEOLOGIA GENERAL DE LA REGION

Geológicamente, la zona recorrida se carecteriza por la predominancia en su mitad meridional de rocas ígneas terciarias, en tanto que en su mitad septentrional son las formaciones sedimentarias cretácicas las dominantes.

La rocas ígneas aparecen como efusivas y como intrusivas. Las primeras forman casi la totalidad de las sierras de la extremidad SE. de la zona y son enumeradas por su orden de aparición, las siguientes (véase el croquis geológico, lámina 1): andecitas, dacitas, riolitas, diabasas y basaltos, estando algunas de estas rocas en varios lugares cubiertas en parte por sus



Fotografía número 57. Girones de corrientes basálticas dejados por la erosión sobre los depósitos terciarios de las inmediaciones de Santa Ana, al Norte del Mineral de "El Chico." (Se conocen con el nombre local de "Comales.")

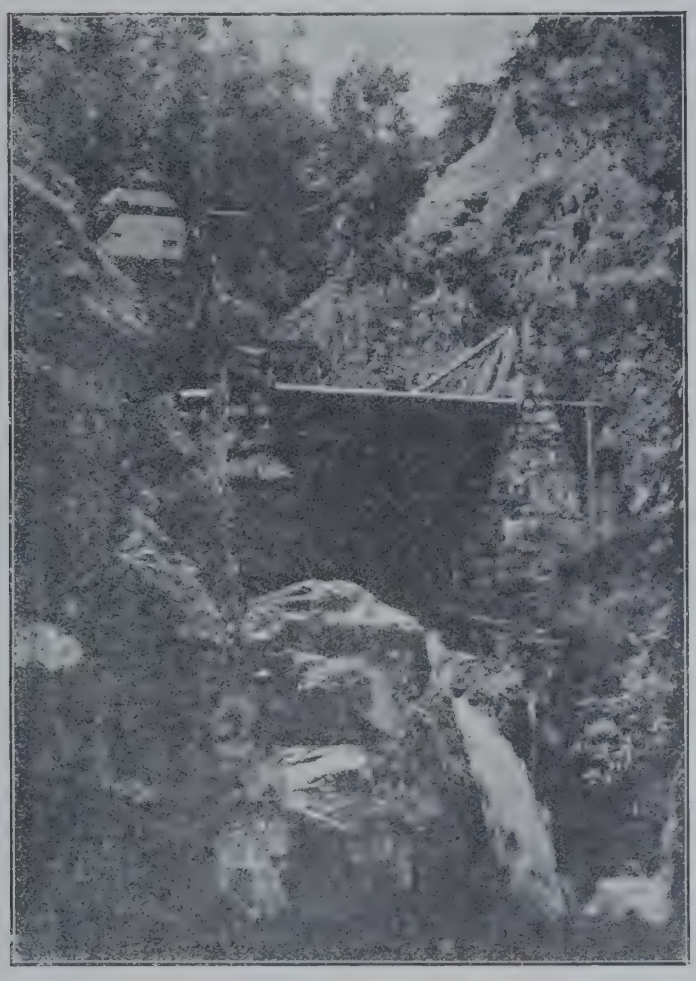
Fotografía número 58. Mesas basálticas de Atotonilco el Grande. (Porción del SW.)

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

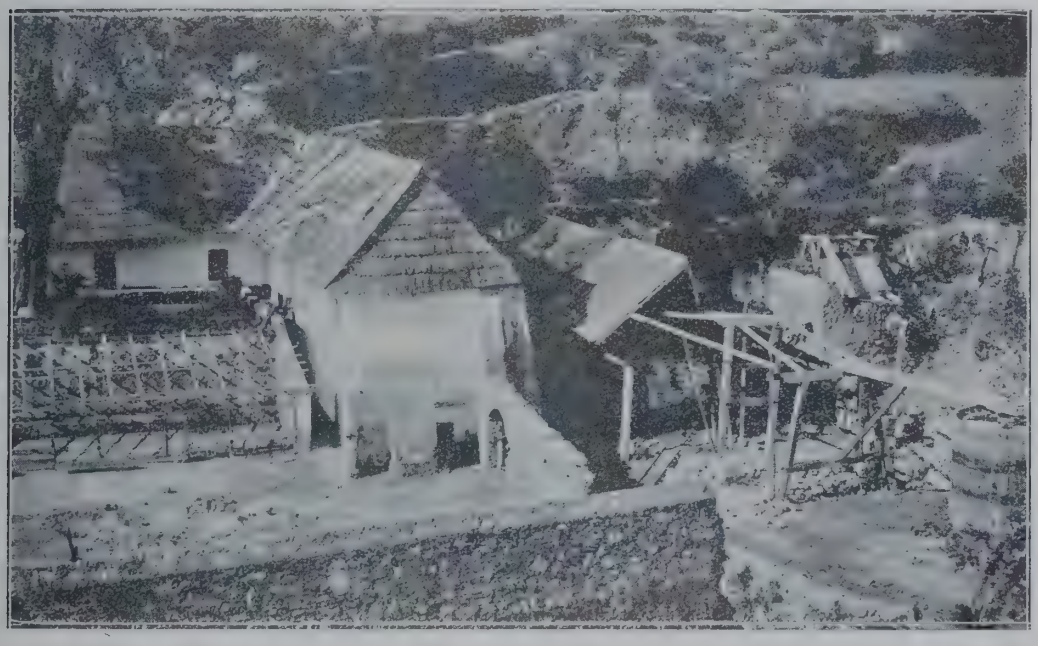
Fotografía número 59. Manantial termal de los Baños de Amajac, Atotonilco el Grande, llamado "El Torito."

Fotografía número 60. Baños de Amajac, Atotonilco el Grande.

UNIVERSITY OF ILLINOIS



Fotografía número 61. Tiro de la mina "La Laguna," cerca del cual pasa el crestón de la veta de Arévalo. Alrededores del Mineral de "El Chico."



Fotografía número 62. Tiro de "Santa Isabel" de la antigua mina de Arévalo. Mineral de "El Chico."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

brechas o tobas respectivas. Las rocas intrusivas se presentan distribuídas en la zona, esporádicamente, casi siempre atravesando a las formaciones sedimentarias cretácicas, y son: granitos, sienitas, monzonitas, dioritas (generalmente cuarcíferas) y grano-dioritas. Estas rocas y algunas de las efusivas, al atravesar las formaciones sedimentarias, han originado aureolas de metamorfismo y zonas de contacto, en las primeras de las cuales existen rocas metamórficas, tales como granatitas, calizas cristalinas (mármoles) o calizas y pizarras arcillosas más o menos silicificadas.

Las rocas sedimentarias son, en su gran mayoría, de edad cretácica (del cretácico medio y superior), y están representadas por pizarras arcillosas, calizas, margas y areniscas. Existen además depósitos sedimentarios terciarios (de fines del terciario) y depósitos del cuaternario y recientes, los cuales ocupan, por lo general, la mayor parte de la extensión superficial de los valles, así como el lecho y riberas de algunos ríos y cañadas. Los depósitos terciarios y cuaternarios están representados, respectivamente, por margas, tobas pomosas, brechas calizas, conglomerados y arenas, y por tobas calizas de depósito químico, arcillas y lodos. Los depósitos recientes se encuentran comúnmente en la parte superior de los valles extensos o se presentan formando suelos de acarreo o suelos autóctonos, que descansan sobre las diferentes rocas de cuya alteración provienen.

Nos ocuparemos en seguida de cada una de estas diferentes formaciones, tratando de su distribución superficial, las rocas que las forman, su orden de aparición, relaciones mutuas, descripción macroscópica y determinación microscópica, para tratar después, con estos datos, de reconstruir la historia geológica de la región.

ROCAS IGNEAS.—Las rocas ígneas, como se ha dicho, dominan en la extremidad meridional de la zona, en la que ocupan considerables extensiones superficiales. En efecto, la sierra de Pachuca está formada en su totalidad por rocas de esta naturaleza, así como todas las sierras que circundan el borde oriental del valle de Actopan, extremidad norte del valle de Ixmiquilpan y límite occidental de este valle. En la porción septentrional de la zona ocupan estas rocas una extensión superficial mucho menor, y generalmente se presentan como macizos aislados o formando la cima de algunas montañas o bien como diques de más o menos importancia. Trataremos a continuación de cada una de estas rocas ígneas en particular.

Andesitas.—El tipo genérico de las andesitas de la región es el de andesitas de piroxena de colores, aspectos y estructuras muy variados. Esta clase de andesitas constituyen los dos tercios inferiores de la sierra de Pachuca y la parte alta de la serranía que limita por el E. al valle de Actopan; en la sierra de Pachuca domina el tipo de andesitas de color verde y de estructura porfirítica y son estas andesitas las rocas que sirven de caja a las vetas minerales de los centros mineros de Pachuca, Real del Monte, El Chico, Capula, Santa Rosa y Tepenené, situados en la extremidad SE. de la zona.

En el antiguo camino de El Chico a Pachuca, que pasa por Bandola, y cerca de este lugar, existe una andesita de hiperstena, de aspecto casi basáltico, de color obscuro, con fenocristales de feldespato; roca que contrasta notablemente, por su color obscuro con las dacitas de la región y forma el borde septentrional de las faldas de la Peña de El Zumate.

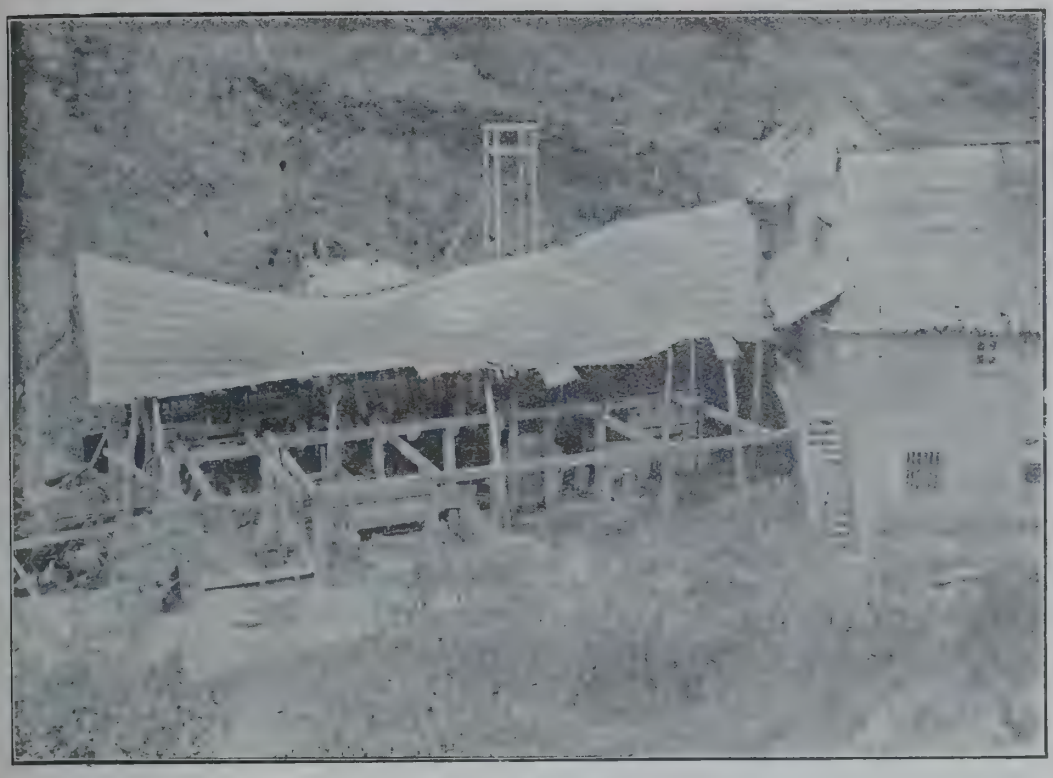
Andesitas de hisperstena y augita (que contiene a veces hornblenda) constituyen los cerros del borde occidental del valle de Ixmiquilpan, forman la cima de los cerros de El Rodeo, Juárez, La Muñeca, la Pechuga y Tejai,

situados varios de ellos en la extremidad septentrional de este valle y constituyen también algunas de las pequeñas colinas que se encuentran dentro de él, tales como los cerritos de Telzá y Baganthó.

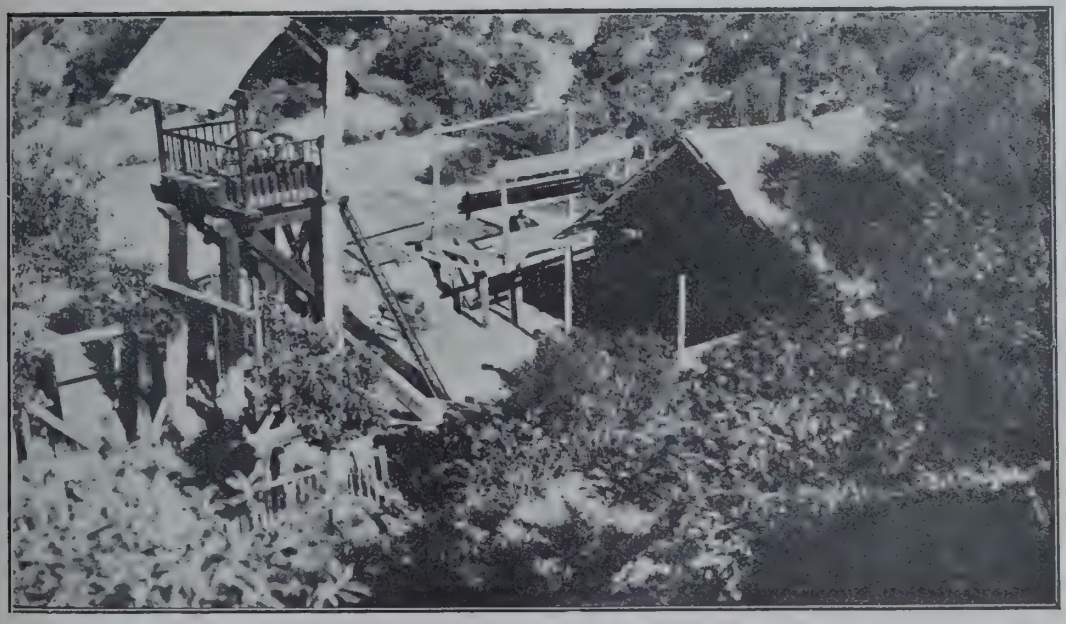
En el Distrito de Zimapán estas andesitas forman algunas de las principales eminencias de los alrededores de la población de este nombre, entre las cuales mencionaremos a los cerros de La Cantera, Las Lindas y Las Tetillas, que se encuentran al SE. y E. de dicha población; al cerro Quemado al NE. y a la loma del Carmen, cerrito de Nanpuí, cerro de las Espinas, El Conejo y Piedra Lisa, situados al W. y NW. de Zimapán. En los parajes de El Mezquite y La Majada Grande, en el cerro de Santa Elena y en los alrededores de las minas de Lomo de Toro, Balcones, Dolores y Concordia, ya casi en el límite septentrional de la zona, las andesitas se presentan como diques de más o menos importancia, diques que en ocasiones son muy numerosos y que atraviesan con rumbo general de E. a W., a las calizas cretácicas de la región. Entre estos diques es notable, aquel en que está labrado, en parte, el socavón de San Guillermo (fot. núm. 173), que sirve de entrada, actualmente, a la mina de Lomo de Toro, a 252 metros sobre el lecho de la barranca de Tolimán; la dirección de este dique es de 85° NE., su echado casi vertical y su potencia es de 3.20 metros. Son también notables los diques de andesita verde que se ven en el borde izquierdo de la mencionada barranca, cerca de la hacienda vieja de Tolimán, y en los alrededores de la mina de Pamplona. El dique que se encuentra cerca de la hacienda vieja de Tolimán es de andesita verde, de 47° NW. de rumbo, echado al SE. de 70° y potencia de 3.10 metros. Los de los alrededores de Pamplona son angostos, muy numerosos, corren de NW. a SE. y tienen la particularidad de atravesar masas y otros diques de andesita de una época algo anterior. (Véase el plano detallado geológico de los alrededores de esta mina. Lámina 29.) La andesita de estos diques, que se destacan claramente en la superficie del terreno, es de color verde y estructura porfirítica, cuyo examen al microscopio, en lámina delgada, revela la presencia de turmalina, pudiendo clasificarse, según el profesor A. Johannsen, como una andesita sódica turmalinífera. (Véase su determinación micróscópica en el capítulo relativo.)

Tanto las andesitas de la vertiente septentrional de la sierra de Pachuca, como las de la vertiente meridional opuesta, presentan fenómenos muy marcados de propilitización, especialmente en la proximidad de las vetas metalíferas. Estos fenómenos de metamorfismo han sido ya descritos y estudiados por el señor ingeniero E. Ordóñez en las andesitas de Pachuca y Real del Monte (1), a propósito de los estudios de estos distritos mineros, emprendidos en otra ocasión por el Instituto Geológico. En la zona recorrida por nosotros se presentan estos fenómenos de propilitización muy bien caracterizados en las andesitas de los alrededores de El Chico, Capula, Santa Rosa y Tepenené; en cuya región la facies propilítica de las andesitas se extiende uniformemente a uno y otro lado de la veta de Arévalo y hacia el N. de esta veta en la barranca de El Milagro y su afluentes, donde afloran varias de las vetas que se encuentran al bajo de esta gran fractura. Muchas de las "andesitas verdes" de esta porción de la zona corresponden a tipos propilíticos bien definidos, en los cuales la piroxena se ha transformado casi siempre en clorita y rara vez en epidota. En los ejemplares de andesitas estudiados,

(1) Boletín del Instituto Gelógico número 12. 1899. Págs. 29 y sig.



Fotografía número 63. Exterior de la mina de Tetitlán, abierta en la extremidad NW. de la veta de Arévalo. Mineral de "El Chico."



Fotografía número 64. "Tiro Nuevo" de las minas "Jesús" y "San Rafael," labradas en la extremidad SE. de la veta de Arévalo, Mineral de "El Chico."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Fotografía número 65. Antigua mina de "San Marcial," situada en la margen derecha del río de "El Milagro," Mineral de "El Chico."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

que recogimos en la superficie del terreno en la proximidad de la veta de Arévalo, en las barrancas de El Milagro y de sus afluentes, en el interior de las minas y particularmente en el corte efectuado transversalmente a la sierra de Pachuca por el largo socavón Neptón de la mina de Arévalo, se observa con mucho más frecuencia la transformación de la piroxena primeramente citada, que la segunda. Esta facies propilítica de las andesitas fué originada muy probablemente por los fenómenos neumatolíticos que acompañaron a la formación de los criaderos minerales de la región, pero creemos que solamente en parte, pues en nuestro concepto, para la cloritización de la piroxena bastaría el efecto de las aguas termo-minerales ascendentes, a que se debe también la génesis de los yacimientos metalíferos. Debemos advertir que consideramos con Béla von Inkey (1), como fenómeno esencial en la propilitización la transformación de los elementos ferromagnesianos de las andesitas, ya sea piroxenas o anfíbolas, en clorita y en carbonatos y como accidentales solamente, la formación de epidota, serpentina y otras sustancias semejantes, bastando para explicar el cambio que experimenta la roca, el predominio de la cloritización juntamente con la carbonatización. Este mismo autor menciona, al referirse a la naturaleza de los agentes que pueden producir la transformación de los elementos ferromagnesianos en clorita, las ideas de Inostranzeff, según las cuales desde el punto de vista químico, bastaría una agua cargada de ácido carbónico, para efectuar estos cambios, obrando por un período de tiempo prolongado sobre los silicatos de cal y magnesia.

Esta misma facies propilítica la presentan las dacitas de la región, de las cuales nos ocuparemos en seguida.

Dacitas.—Las dacitas, o andesitas cuarcíferas, aparecen solamente en la parte alta de la sierra de Pachuca, como una ancha faja que se extiende de la Peña de El Zumate a Los Organos de Actopan. En todas estas rocas, que se encuetran en muchos lugares cubiertas por sus brechas respectivas, es visible el cuarzo a la simple vista y afectan colores que varían desde el verde más o menos marcado hasta el gris, rojo o violado. En la vertiente septentrional de la sierra de Pachuca, entre los Minerales de Tepenené y El Chico, están separadas estas rocas de las andesitas no cuarcíferas por la fractura de la veta de Arévalo, aunque, también suelen presentarse en esta vertiente en manchones aislados, como son las que aparecen en Las Adjuntas, cerca de la boca del socavón Neptón y en el camino de El Chico a Atotonilco El Grande, al bajar hacia el Amajac, antes de encontrar el basalto de aquel lugar y en otros puntos aislados de esta misma vertiente, como son el puerto que se forma entre los cerros del Picacho y el de la Viga. La textura de todas ellas es porfirítica, su feldespato es generalmente andesina y contienen algunas veces biotita. Entre los elementos accesorios se encuentran la pirita, magnetita (a veces titanífera), hematita, y apatita, y entre los secundarios la clorita, sericita, kaolin, leucoxena, calcita, mica blanca y rara vez epidota.

A la presencia del cuarzo o de impregnaciones silicosas en la pasta de estas rocas, se debe que sean más resistentes a los agentes atmosféricos de erosión, qua las andesitas no cuarcíferas y que, al ser atacadas por estos agentes, hayan quedado, por decirlo así, desmontadas formando una serie de crestas, orientadas casi de E. a W., entre las cuales sobresalen las ya mencionadas

(1) Compte-rendu du Congres Géologique International (Xieme. Session. Tome I. Pág. 511.

y descritas en el capítulo relativo a la fisiografía de la región, quedando como extremos E. y W., de esta serie de crestas, respectivamente, la Peña de El Zumete y Los Organos de Actopan. La aguja de esta última eminencia causa la impresión, vista desde lejos, como ya lo hemos dicho, de un cuello volcánico disecado, pero no es en realidad sino el resultado de la acción constante de los agentes naturales de denudación sobre la dacita de que está formada, acción que ha sido favorecida por las diaclasas casi verticales que se presentan en toda esta faja dacítica y que forman los planos o relices de separación tan notables en esta parte alta de la sierra de Pachuca.

Las dacitas constituyen uno de los términos que corresponden a la serie de erupciones de rocas ígneas que hubo en la región y las que es probable hayan aparecido, sucesivamente, como términos cada vez más cargados de siliza, representando las dacitas a las últimas andesitas de la serie, es decir, aquellas que se encuentran en la parte más elevada de la sierra y que fueron erupciones de rocas que precedieron a tipos francamente ácidos, como son las riolitas, de las cuales nos ocuparemos en el párrafo siguiente.

Riolitas.—Las riolitas ocupan en la zona estudiada extensiones superficiales mucho menores que las andesitas y las dacitas y forman algunas de las crestas o partes elevadas del relieve del terreno, constituyendo macizos de más o menos importancia, o aparecen también como diques de algún desarrollo longitudinal. Entre las riolitas que forman crestas podemos citar a la de los cerros de los Jaspes y Picacho, situados al NW. del mineral de El Chico y entre las que se encuentran en las partes altas de terreno a la de la Peña de Las Monjas. La roca de este macizo ha sido clasificada como una dacita en estudios anteriores hechos por el Instituto Geológico (1), pero la determinación que se hizo al microscopio de los ejemplares procedentes de este macizo, que recogimos durante nuestra expedición, y las relaciones tan claras que pudimos comprobar entre el citado macizo y el dique de riolita ("granite porfiry" de Johannsen) que acompaña a la veta de Arévalo, nos hacen considerar en el presente estudio a la roca de Las Monjas como una riolita. Lo que sucede en realidad es que, como dice el mismo señor Ordóñez, quien hizo la clasificación anterior de la roca de Las Monjas, hay una insensible gradación en todas las rocas ígneas de la sierra de Pachuca, como si fueran resultantes de diferentes estados de diferenciación de un solo magma interno, que hubiera pasado por las fases andesítica, dacítica y riolítica. El señor Ordóñez, refiriéndose a las riolitas de la sierra de Pachuca, se expresa así: "Pero para llegar a tener estas rocas ese desarrollo completo han pasado por un intermedio de naturaleza dacítica, que viene en comprobación de la idea de que de las andesitas que predominan en el Distrito, a las riolitas, que sólo se hallan en superficies muy pequeñas, hay una insensible gradación como rocas resultantes de un solo magma interno en fases diversas de diferenciación que tiene términos claramente definidos: de una parte, las andesitas francas de 65% de sílice; de la otra, las riolitas feldsíticas y nevaditas. Este caso es general para toda la sierra de Pachuca. El tipo intermedio de rocas, las dacitas, no tienen carácter definido; ya se refieren a las andesitas ya se aproximan a las riolitas y ocupan de preferencia las cimas de montañas elevadas, tales como los Organos de Actopan, cerro de San Cristóbal, Peñas de Buenavista, Peñas de El Zumate y aun las Peñas de El Aguila, en donde las nevaditas llevan a veces bastante magma microlítico, para considerarse como dacitas."

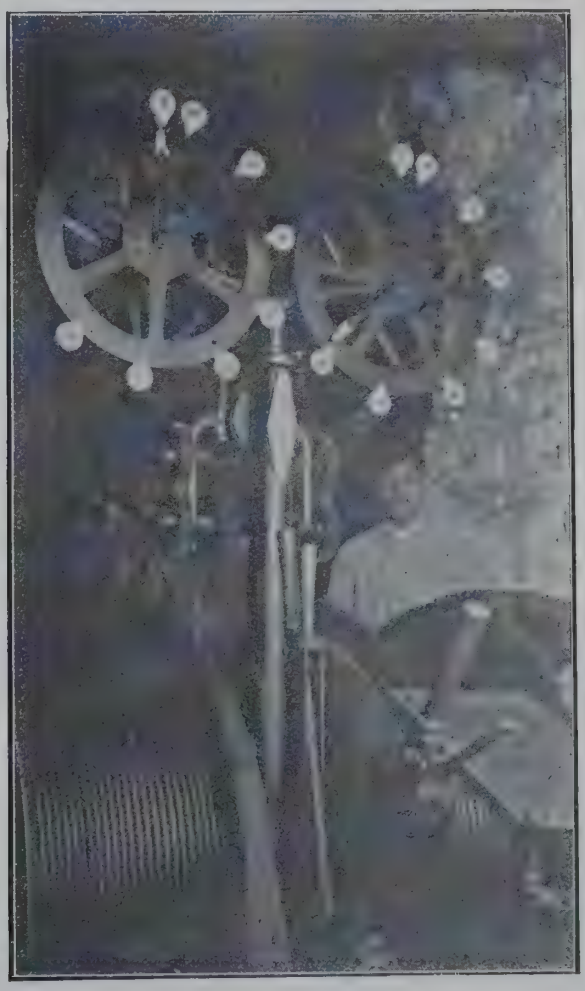
(1) Boletín del Instituto Geológico número 12, pág. 32.

Fotografía número 66. Socavón de la mina "Montaña de Oro," Mineral de "El Chico."

Fotografía número 67. Mina de "La Fortuna," Mineral de "El Chico."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Fotografía número 68. Despacho en el piso "N." Mina de Arévàlo, Mineral de "El Chico."



Fotografía número 69. Malacate eléctrico en el socavón de "La Aurora," tiro de Honduras. Mina de Arévalo, Mineral de "El Chico."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Tanto las riolitas como las andesitas muestran en algunos lugares fenómenos de zeolitijación, como puede verse por ejemplo en las inmediaciones de la antigua hacienda de beneficio de San Diego y en la Peña de El Cuervo en los alrededores del mineral de El Chico. Estos fenómenos tuvieron lugar, probablemente, durante o poco después de la consolidación del magma de estas rocas; las zeolitas que se presentan son la henlandita y chabazita, siendo la primera la dominante en las localidades citadas.

Entre las riolitas que forman macizos de alguna importancia, citaremos a las de los cerros del Roqui, San Clemente y El Santuario, situados al W. y NW., del mineral de El Cardonal, en las cuales arman las vetas auríferas del mineral de San Clemente, yacimientos minerales que estudiaremos más adelante. Las riolitas forman también el macizo del cerro de Guadalupe, al E. de Chicavasco y los cerros del Niño y de La Peña, situados al N. de Tepenené, así como los pequeños macizos erptivos que avanzan hacia el N. en el valle de Actopan. En la vertiente meridional de la sierra de Pachuca las riolitas se presentan formando corrientes de alguna extensión en los alrededores del pueblo de Cerezo y al N. y NW. de este lugar constituyen los cerros de La Cantera, Compuerta y Peña Alta y el Cerro Gordo al S. del puerto de Espíndola.

Entre los diques riolíticos mencionaremos el situado al alto de la veta de Arévalo en el mineral de El Chico, que se extiende de los alrededores de este mineral hasta Tepenené en una extensión de cerca de 16 kilómetros, el cual aflora varias veces, juntamente con la veta de Arévalo. Es notable porque acompaña constantemente a la veta, con la que está en contacto en varias porciones de su curso; se deriva del macizo de Las Monjas y es un claro ejemplo del caso que se presenta con frecuencia en nuestro país, de macizos intrusivos importantes acompañados de protusiones radiales en forma de diques. Otro dique riolítico notable, de algunos metros de potencia, es el que se encuentra en las faldas orientales del Cerro Blanco, a unos 5 kilómetros al W. de Santa Ana, pequeña población situada en la confluencia de los ríos Milagro y Amajac, dique que se distingue claramente en el terreno por el color claro, casi blanco, de la riolita, siendo su dirección de 70° NW., es decir, casi paralela a la de la fractura en que está contenida la veta de Arévalo y con un echado semejante al de ella, esto es, hacía el SW., de 56°.

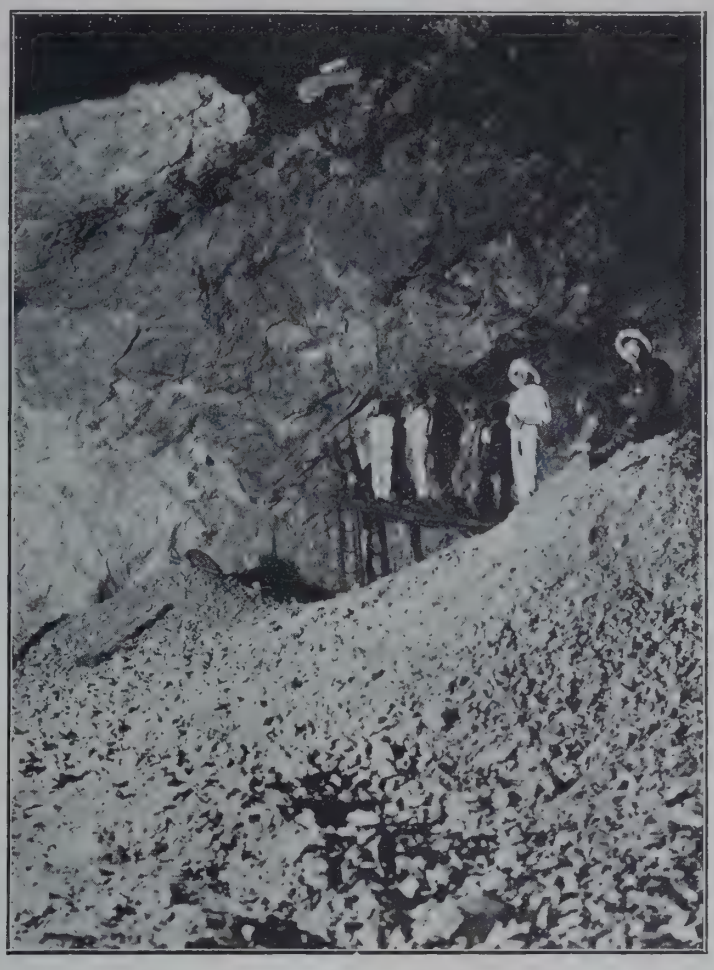
En el Distrito de Zimapán se encuentran riolitas esferulíticas al NW. de Bonanaza, en el camino que va de este mineral al de Zimapán. Son de color violado y se encuentran sumamente desintegradas. También existen riolitas en este Disctrito, formando pequeñas eminencias en los alrededores de la hacienda nueva de la Estancia, donde pueden observarse cortadas por el camino que une a Zimapán con La Encarnación; estas riolitas contienen litofisas. Pueden verse también algunas riolitas al recorrer el camino entre Zimapán e Ixmiquilpan, en el tramo comprendido entre la Venta de Xithá y la Venta de Cuaxhití, así como al Sur del puente de La Encarnación.

Muchas de las riolitas que existen en la zona pueden clasificarse a primera vista por la claridad y constancia de sus caracteres macroscópicos; la mayor parte de ellas son de colores claros, que varían desde el blanco hasta el rosado, rojo o violado, afectando a veces una textura megascópica francamente flúidal. Examinadas al microscopio en láminas delgadas afectan la estructura porfirítica y esferulítica, con un magma fluidal, hialino o granulado, éste a veces muy fino; los feldespatos son ortoclasas y plagioclasas, los cristales de cuarzo raras veces están corroídos, presentándose entre los

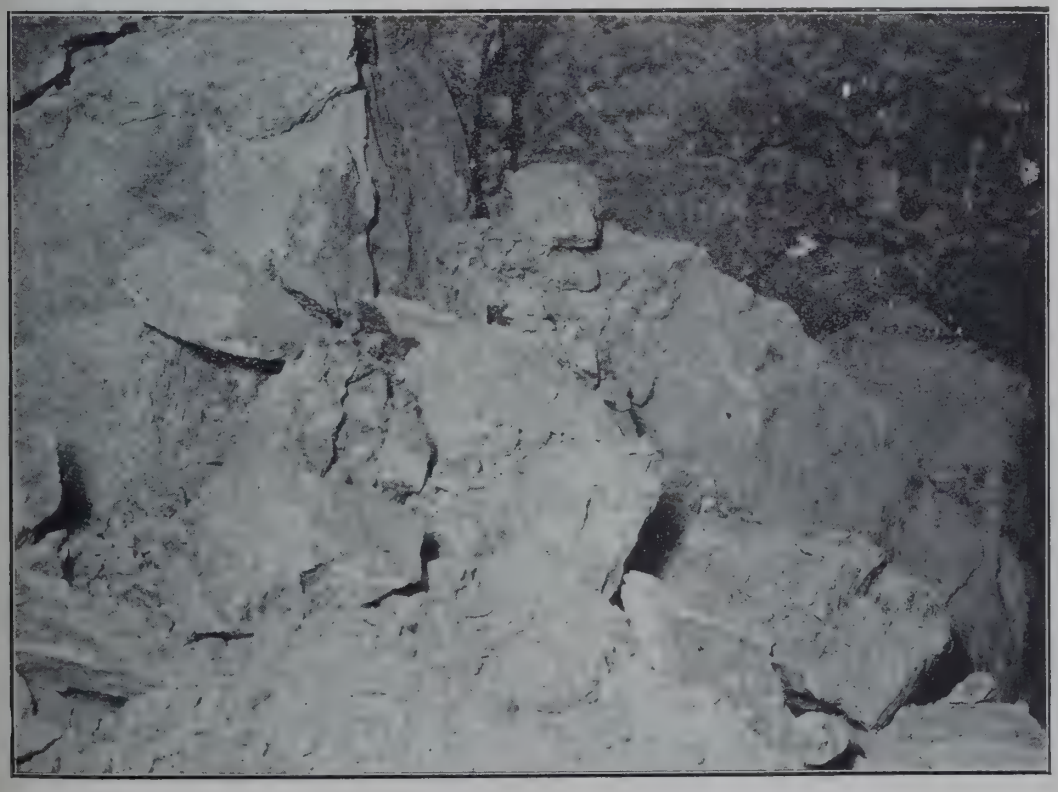
minerales accesorios generalmente la pirita, magnetita, zirconio y apatita, y entre los secundarios la sericita, clorita, kaolín, calcita, hematita, limonita, leucoxena y cuarzo en vetitas o llenando cavidades. La riolita del dique que acompaña a la veta de Arévalo, tiene como constituyentes esenciales los feldespatos ortoclasa y oligoclasa, mica, biotita y cuarzo. De este dique fueron clasificados por el señor profesor Johannsen varios ejemplares recogidos por nosotros desde varios puntos de su afloramiento hasta profundidades sucesivamente descendentes, siendo la más profunda la de 400 metros, que corresponde al nivel Potomac de la mina de Arévalo. En la lista de las determinaciones microscópicas de las rocas colectadas durante nuestra expedición, que en otro lugar se expone, pueden apreciarse los cambios que sufre a diversas profundidades la riolita, que constituye el cuerpo de este dique, en su estructura, composición petrográfica y alteraciones de sus principales constituyentes mineralógicos.

Esta riolita presenta gran variedad de aspectos y texturas macroscópicas, cuando se estudia, ya sea en la superficie del terreno o en el interior de las minas; su color varía desde el blanco hasta el ligeramente rosado o gris, siendo su textura en ciertos lugares finamente granular y en otros claramente porfirítica. Es granular fina o enteramente compacta en su afloramiento cerca de las pertenencias de Jesús y San Rafael, en sus crestones que aparecen cerca del tiro de California y en los cortes efectuados por el socavón Neptón de la mina de Arévalo y en la mina de Tepetitlán, y es porfirítica en los niveles Potomac (al W. del tiro de Honduras), Hércules e Hidalgo de la mina primeramente citada. En estos niveles el dique ha sido cortado y reconocido por varios cruceros (crucero 30, situado al E. del tiro de California, crucero de San Pedro y los 705 y 795; véase el plano geológico de aquella mina. Lámina núm. 4), presentándose en algunos de los cortes efectuados el cuerpo del dique con sus bordes enteramente vitrificados en los cuales se observan fajas muy claras de una roca vítrea, que tiene el aspecto de una retinita riolítica cuya anchura varía desde unos cuantos centímetros hasta cerca de un metro. Esta roca vitrificada es conocida en la mina por el nombre local de "pixtle" y parece haber sido originada por un brusco enfriamiento de los bordes del cuerpo del dique. Este mismo fenómeno puede observarse también en el corte ya mencionado del dique por el socavón Neptón al nivel del piso Potomac de dicha mina. (Véase fot. núm. 75.) El examen microscópico de esta roca en lámina delgada (véase la lista respectiva) mostró una textura ligeramente porfirítica, una pasta finamente granular o enteramente hialina y una composición mineralógica que corresponde a una riolita o a un vidrio valcánico lleno de microlitas.

Diabasas.—Las diabasas ocupan muy reducidas extensiones superficiales en la región y podríamos apenas señalar un pequeño manchón en el camino que va de El Chcio al socavón de La Aurora y varios cortes de esta roca efectuados por dicho socavón a diferentes distancias de su boca. Las diabasas, por su composición mineralógica y caracteres microscópicos, se acercan unas veces a las andesitas y otras a los basaltos; las andesitas pasan algunas veces a diabasas por un simple cambio de su textura porfirítica o microlítica a ofítica, siendo las diabasas de olivino las que se asemejan más a los basaltos. Si se consideran las diabasas como pasando insensiblemente a las andesitas verdes de la región, podrían colocarse al lado de éstas en el orden sucesivo de aparición de las rocas ígneas, en tanto que si se refieren a los basaltos, podrían considerarse casi contemporáneos de éstos. Entre las diabasas ande-

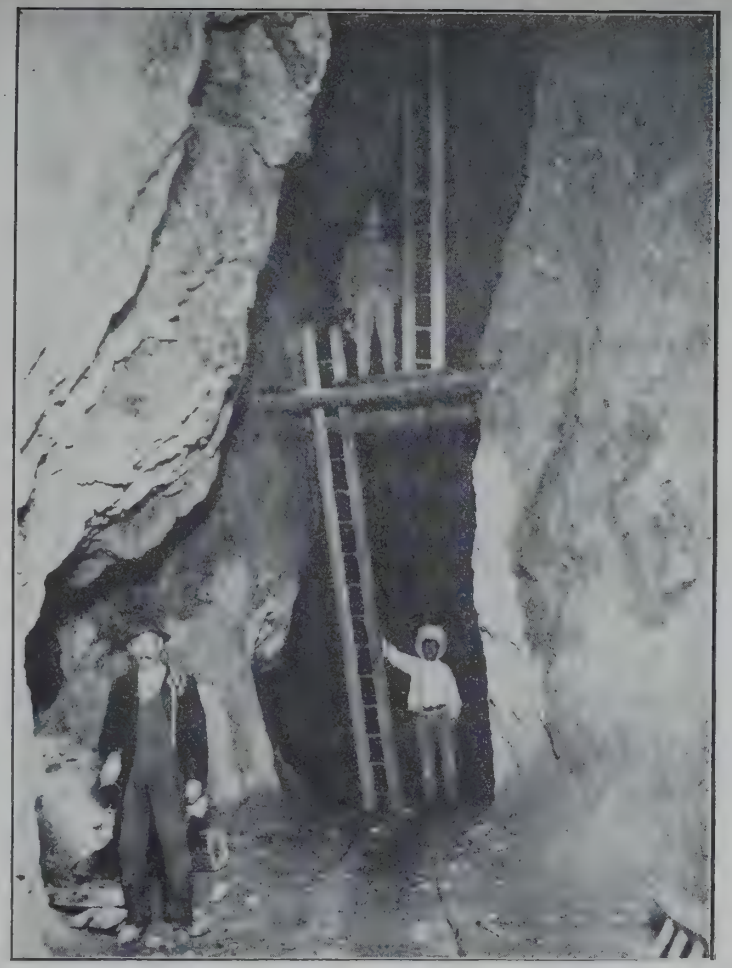


Fotografía número 70. Tumbe de roca dacítica en el nivel de "Hércules," de la mina de Arévalo, para ser utilizada en los molinos de tubo. Mineral de "El Chico."



Fotografía número 71. "Caídos" en el piso "N" de la mina de Arévalo, Mineral de "El Chico."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



Fotografía número 72. Laborío del 520, en las vetas del "Norte." Nivel Hidalgo, Mina de Arévalo, Mineral de "El Chico."

Fotografía número 73. Reunión de laboríos "Plaza de Gallos." **Nivel Finlandia**, Mina de Arévalo, Mineral de "El Chico."

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

síticas han sido consideradas por el señor Ordóñez (1) las que se presentan en el camino de la población de El Chico al socavón de La Aurora y nosotros señalaremos como rocas que pueden clasificarse de la misma manera, a las cortadas en varios tramos por dicho socavón en el interior de la mina de Arévalo; las que son de color negro oscuro azulado, de textura macroscópica enteramente afanítica, que se resuelve al microscopio en una estructura sub-ofítica, siendo los constituyentes esenciales de estas rocas el feldespato labrador y augita (parcialmente transformados en clorita); los accidentales la magnetita, y los secundarios de clorita y hematita; esta última atraviesa a la pasta de la roca, formando vetitas muy pequeñas. La andesita reciente de los diques que se encuentran en los alrededores de la mina de Pamplona en el Distrito de Zimapán, puede referirse a la diabasa y así ha sido considerada por el profesor Johannsen, que la describe como una diabasa de olivino de textura ofítica, con fenocristales de olivino (totalmente transformados en clorita y calcita), labrador y augita. A diabasas de olivino pueden también referirse algunos de los basaltos de la región, de los cuales pasamos a ocuparnos en el párrafo siguiente.

Basaltos.—Se presentan en esta zona minera como corrientes que ocupan generalmente los flancos de las montañas o bien formando mesas, algunas veces de gran extensión superficial o pequeñas eminencias aisladas, que se destacan en medio de los valles, o como diques de poco espesor y corto desarrollo longitudinal. Comprendemos también en este grupo a los basaltos sin olivino, llamados antes labradoritas. Como labradorita ha sido clasificada por el señor Ordóñez (2) la roca que aparece en la cima del cerro de San Cristóbal en Pachuca, en forma de un casquete de considerable espesor, que descansa sobre las andesitas de piroxena que constituyen el "pánino" de ese Mineral. En esta roca es donde se encuentra la variedad de siliza conocida con los nombres de tridimita y cristobalita, estudiadas por G. von Rath, quien considera a la roca como una andesita de augita y en la que se presentan estas interesantes especies minerales; la primera bajo la forma de cristales tabulares agrupados o entrelazados entre sí, y la segunda en octaedros macleados (en el macle de las espinelas) que llegan a alcanzar una longitud de más de 2 milímetros.

Las corrientes de basalto más importantes que existen en las zona recorrida son las que constituyen la llanura en que se asienta la población de Atotonilco El Grande, cabecera del Distrito del mismo nombre. En el croquis geológico (lámina núm. 1), figura solamente al borde occidental desgarrado de esta importante formación ígnea en el tramo comprendido desde las inmediaciones de Omitlán, lecho del río del Carmen y los baños termales, pero en realidad se extiende bastante hacía el E., fuera de la zona estudiada. En el basalto del lecho del río del Carmen se encuentran los bellos ejemplares de "marmitas de los gigantes" que ilustran las fotografías números 22 y 23, a las que se ha hecho ya referencia en el capítulo relativo a la fisiografía de la región; cuyo basalto es una roca de pasta gris en la que se destacan fenocristales de feldespato labrador, que presentan algunas veces los hermosos reflejos azulados característicos de este mineral.

Del borde desgarrado de la mesa basáltica de Atotonilco El Grande que figura en el plano, han quedado algunos girones que se extienden a ambas márgenes del río Amajac, cuya corriente ha disecado a las formaciones se-

(1) Boletines del Instituto Geológico de México números 7, 8 y 9, pág. 107.
(2) Boletines del Instituto Geológico de México números 4, 5 y 6, pág. 122.

dimentarias sobre las cuales descansan estas rocas basálticas. Estos girones, conocidos localmente con el nombre de "comales," dominan sobre todo en la ribera derecha del mencionado río, siendo más escasos en la izquierda, donde se encuentran en contacto con las andesitas y tobas andesíticas de la vertiente septentrional de la sierra de Pachuca, siendo el basalto, a veces, sumamente vesicular, así como las tobas andesíticas con que está en contacto, en las cuales los huecos de las vesículas están rellenados con calcedonia, que forma curiosas concreciones amigdaloides, de las que colectamos numerosos ejemplares. Esta misma textura vesicular y concreciones, las presenta el basalto en la barranca de Santhé, donde se encuentra descubierta otra corriente basáltica importante, que ocupa el flanco de la sierra desde las inmediaciones de Coaté hasta los alrededores de la hacienda de La Estancia. Esta corriente ha sido también en algunos lugares desgarrada y ha quedado formando pequeños casquetes como el que muestra la fotografía núm. 106, tomada en el camino de la hacienda de La Estancia al puerto de la Rodilla, y en otros penetra debajo de los depósitos pleistocenos del valle de Actopan o forma pequeñas eminencias que se encuentran aisladas en medio del valle, como son el cerrito de Tijuai, a inmediaciones de Santa Mónica, y las pequeñas colinas que se encuentran en el camino de la hacienda de La Estancia al cerro de la Peña, llamadas Dos Cerritos. Allí el basalto aparece con una textura muy esponjosa, formando un tezontle de color negro o rojizo, que se explota como material de construcción. (Fots. núms. 104, 105 y 107.) Esta masa de basalto esponjoso está atravesada, como puede verse en las fotografías primeramente citadas, por diques delgados de un basalto gris, más reciente, que fué clasificado por el profesor Johannsen como una roca intermedia entre diabasa y basalto de olivino. (Véase la determinación microscópica en el lugar correspondiente.)

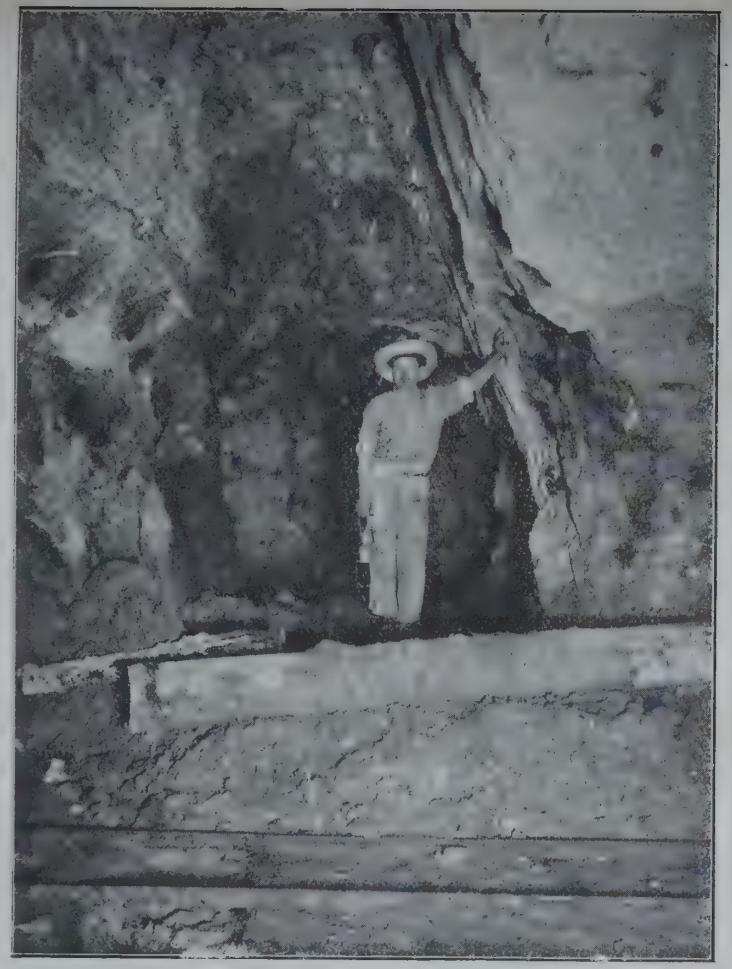
En la vertiente meridional de la sierra de Pachuca existen además basaltos en los lugares que se señalan en el croquis geológico (lámina 1), los cuales forman a veces, corrientes de menor importancia o el macizo de algunos de los cerros situados al W. y NW. de Pachuca.

Existen también algunos basaltos en pequeña extensión superficial en el borde meridional del valle de Ixmiquilpan, en la llamada mesa de Cocineras.

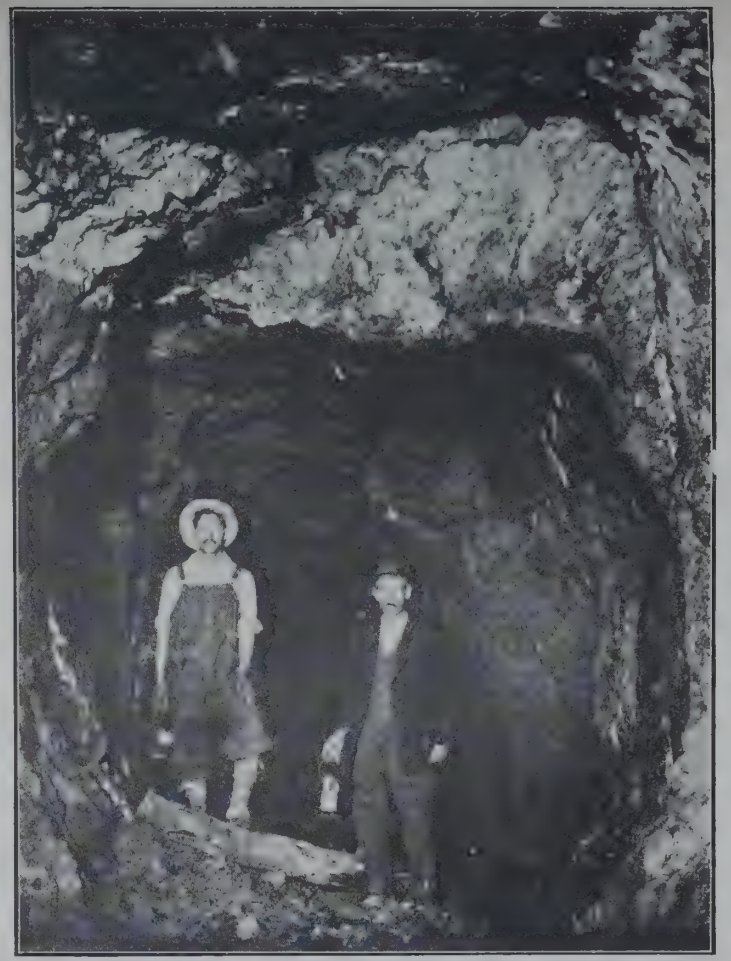
En el Distrito de Zimapán los basaltos son sumamente escasos y tuvimos oportunidad solamente de observar algunos que aparecen como corrientes alargadas en el camino entre Zimapán y La Encarnación, en el tramo comprendido entre el puerto de la Palma y un paraje situado antes de Las Trancas, donde son un tanto amigdaloides.

Muchos de estos basaltos han sido bastante básicos para poder formar corrientes muy fluídas, que al inundar las irregularidades del terreno, las han rellenado, modificando así su topografía. Puede decirse esto especialmente de las corrientes basálticas que constituyen la meseta de Atotonilco El Grande, las cuales, al rellenar las depresiones del suelo, formaron una superficie de nivel; estas corrientes, que son a veces de considerable espesor, descansan sobre las formaciones sedimentarias, a las que hemos hecho referencia antes y que consisten en estratos plegados y dislocados de areniscas y tobas calcáreas que alterna con margas, pizarras arcillosas y calizas.

Son los basaltos las rocas ígneas más jóvenes de la región y pueden considerarse, por lo tanto, como el último término, que clausura las erupciones



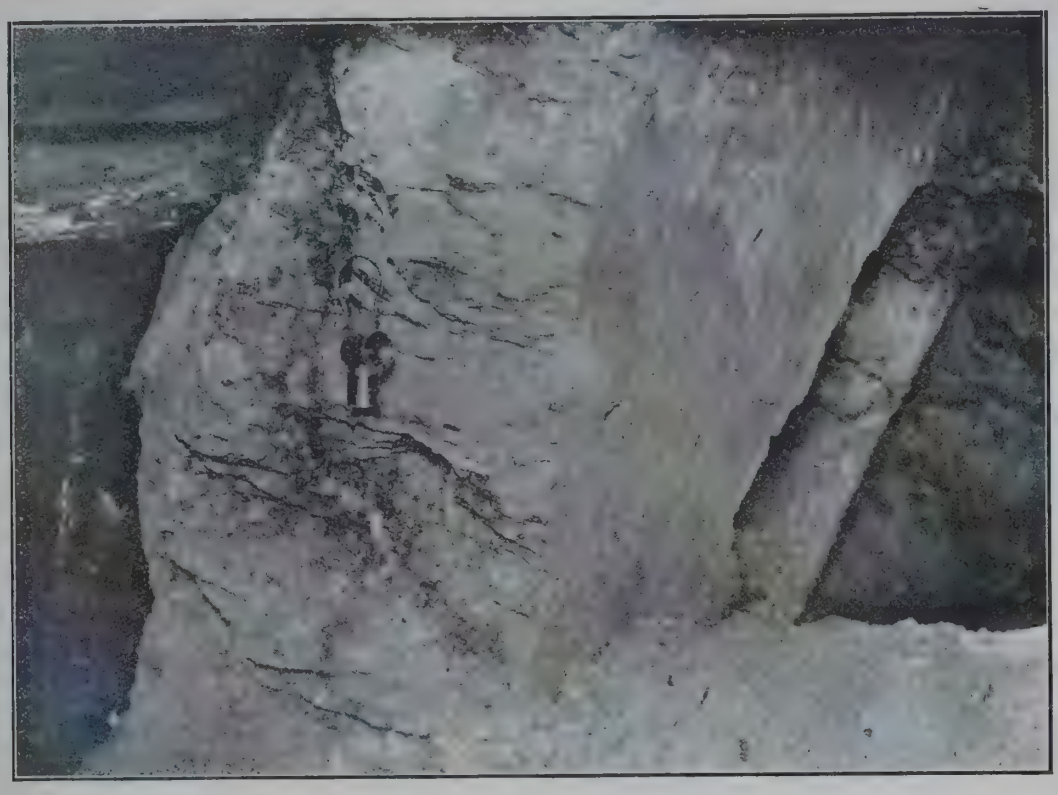
Fotografía número 74. Veta plomosa "56," del Socavón Neptón, frente Poniente. Mina de Arévalo, Mineral de "El Chico."



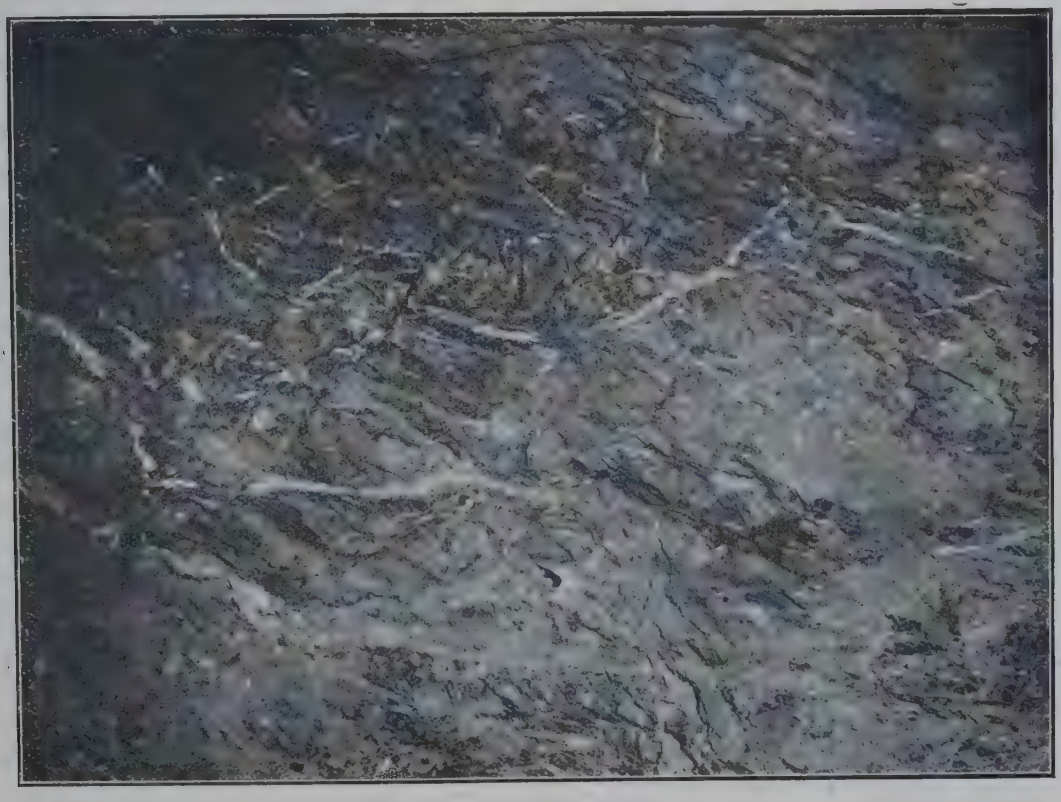
Fotografía número 75. "Pixtle" en el Socavón Neptón. Mina de Arévalo, Mineral de "El Chico."

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



Fotografía número 76. Alto de la veta de "Arévalo" y reliz transversal en el cuerpo de la mina. "Tiro Nuevo." Mineral de "El Chico."



Fotografía número 77. Vetillas de calcita y ametista, que atraviesan a la "andesita verde" en el crucero N. 580, del cañón de Hidalgo, en la mina de Arévalo, Mineral de "El Chico."

Library
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

de rocas ígneas en esta comarca, hecho que puede hacerse extensivo para la gran mayoría de los basaltos mexicanos.

Brechas y tobas volcánicas.—Los macizos de rocas eruptivas se encuentran con frecuencia cubiertos, en algunos lugares, por sus brechas y tobas respectivas, correspondiendo mucho de su material a los productos detríticos y cineríticos que acompañaron a las erupciones de esas rocas. Las brechas y tobas andesíticas y riolíticas se encuentran generalmente en el borde o en la parte alta de los macizos eruptivos, en tanto que las brechas basálticas se encuentran intercaladas entre las corrientes lávicas, como se observa en la meseta de Atotonilco El Grande. Aunque no tuvimos oportunidad de estudiar detenidamente esta formación basáltica, por quedar gran parte de ella fuera de la zona recorrida, si pudimos atravesar algunos de sus bordes y notar esta posición de las brechas basálticas. En un estudio de esta formación hecho por el doctor E. Wittich, que últimamente se publicó (1), se asigna a esta formación basáltica un espesor maximo de 70 metros y se hace notar que el basalto de las inmediaciones de Atotonilco El Grande está cubierto por una capa de "tezontle" que en el pueblo mismo llega a alcanzar 25 metros de espesor, estando allí constituído este "tezontle" por un aglomerado de fragmentos rojizos muy esponjosos.

En el croquis geológico (lámina 1) se ha indicado solamente el límite de aquellas brechas y tobas volcánicas, que se diferencian claramente en el terreno de sus rocas macizas correspondientes, pues hay muchos sitios en los cuales es muy difícil apreciar la separación de la brecha y su roca maciza respectiva, porque muchas de estas tobas o brechas han sido impregnadas de depósitos silicosos, por aguas circulantes, tomando así el aspecto de una roca maciza. Esto se observa sobre todo en el caso de las tobas y brechas de las rocas ácidas, que al ser endurecidas por la silicificación, han tomado esa apariencia.

En los alrededores de El Chico se presentan rocas riolíticas en capas bien definidas, que difieren poco de la posición horizontal, en el camino que va de este Mineral al de Capula; teniendo allí las capas un dirección 31° NW., y una inclinación variable entre 10° y 20° al SW. Existen capas de brechas andesíticas en el camino carretero de El Chico a Pachuca y brechas dacíticas alrededor de Los Organos de Actopan y en el camino de la mina de La Cruz a la de San Eugenio, con rumbos comprendidos entre 50° a 82° NE., y echado de 12° a 37° al NW.

Las brechas dacíticas se encuentran en la parte alta de la sierra de Pachuca bajo forma de gruesa capa que cubre a la faja de esta roca, que se extiende de la Peña de El Zumate a Los Organos de Actopan, constituyendo muchas de ellas el material de varias de las principales crestas de la sierra.

En la formación de estas brechas y tobas volcánicas han intervenido varios factores, como puede deducirse de su estructura y modo de yacimiento; en muchas de ellas parece que los materiales detríticos o cineríticos, que acompañaron a las erupciones, se depositaron sobre la roca misma, formando una especie de cubierta de estos materiales, que se consolidaron más tarde; otras veces parecen haber sido removidas por erosión de su primitiva situación y se les encuentra, bien en las laderas de las montañas o bien rellenando las depresiones del terreno, demostrando por consiguiente haber experimen-

(1) Contribución a la geología de Atotonilco el Grande, por el doctor E. Wittich. Mem. Soc. Alzate, T. 38, pág. 353.

tado primero un transporte y después una verdadera sedimentación mecánica por el agua; otras, en fin, parecen ser de origen enteramente ígneo, como si los fragmentos sólidos de una roca hubieran caído en medio de la pasta fundida de otra, formando una especie de aglomerado volcánico.

En la porción NW. de la zona hay otra clase de brechas, en las cuales los elementos están constituídos por fragmentos esquinados de caliza, pero estas brechas son ya de origen francamente sedimentario y no nos ocuparemos por lo tanto aquí de ellas, sino más adelante en su correspondiente lugar.

Rocas intrusivas.—Las rocas intrusivas ocupan una extensión superficial muy reducida y son, como ya hemos dicho, granitos, sienitas, dioritas y grano-dioritas.

En los alrededores de la mina de El Zapote en el Mineral de Bonanza se presenta granitos de hornblenda y biotita bajo la forma de intrusiones o diques no muy potentes ni de gran extesión longitudinal, siendo la dirección media de los diques de 35° NW., con inclinación al SW., o casi verticales.

Masas intrusivas de forma muy irregular de sienita de hornblenda (vogesita) atraviesan a las calizas en la barranca de San Clemente; y son de color negro o verdoso y de textura granular, con cristales de feldespato y hornblenda, visibles a la simple vista.

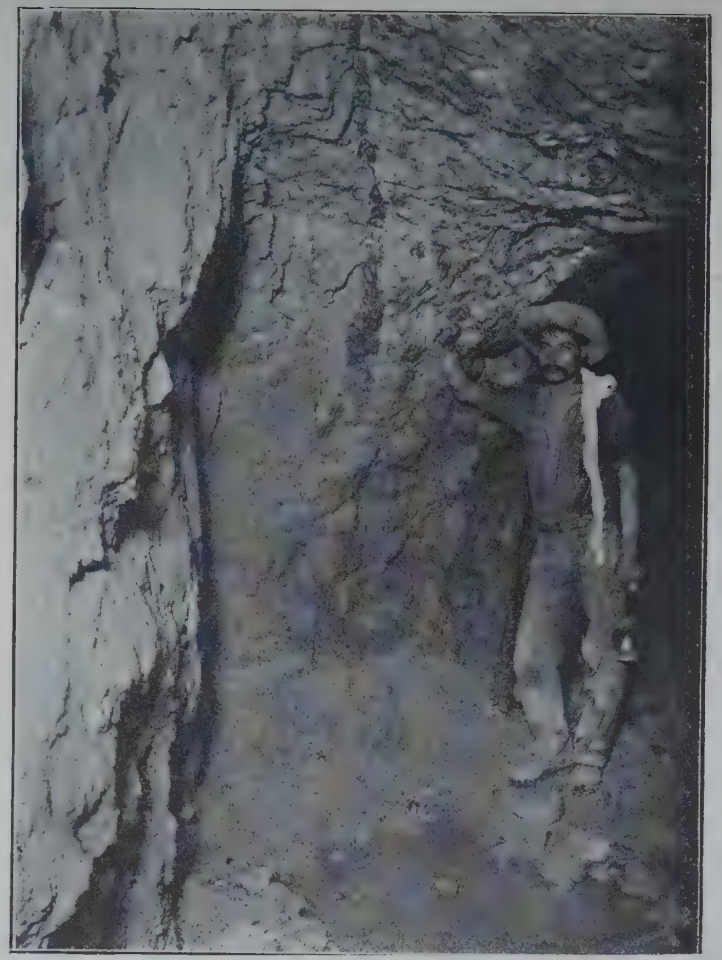
Las dioritas (pórfidos dioríticos o dioritas cuarcíferas) aparecen en el lecho del río de Pechuga y en los alrededores del Mineral del mismo nombre, formando intrusiones de más o menos importancia, que al atravesar a las calizas han originado criaderos de minerales cupríferos o plumbo-argentíferos.

Grano-dioritas, que se acercan mucho a las monzonitas cuarcíferas, se presentan metamorfizando a las calizas en los alrededores de los Minerales de San José del Oro y de La Encarnación; estas rocas, bajo la forma de diques, son cortadas por el camino que va del puerto del Oro a La Encarnación y en el Puerto Grande entre el cerro de las Minas y Buenavista, en las inmediaciones de El Cardonal. Son por lo general rocas de color gris claro, en cuya pasta se destacan cristales negros alargados de hornblenda. En los Minerales primeramente citados han formado estas intrusiones dioríticas, zonas de contacto, en las que se encuentran los criaderos ferríferos y cupríferos en los cuales se encuentran silicatos de metamorfismo, como vollastonita y granate grossularia, este último en cristales rombodecaedros de color verde aceite o amarillo melado.

Como diorita diopsídica ha sido clasificada por el señor profesor Johannsen la andesita antigua del Spurr de los alrededores de la mina de Pamplona, en Zimapán; el ejemplar que sirvió para esta clasificación fué tomado por nosotros, en el terreno de la zona cercana a los numerosos diques de andesita verde, a los que ya hemos tenido oportunidad de referirnos.

Descripción macroscópica y clasificación microscópica de las rocas ígneas.—Como complemento de las ideas que hemos expuesto en los párrafos anteriores, acerca de la distribución superficial de las rocas ígneas de la región, sus relaciones mutuas, orden de aparición, modo de yacimiento, etcétera, damos a continuación una lista en la que consta la descripción macroscópica y clasificación microscópica correspondiente, hecho por el señor profesor Albert Johannsen durante el tiempo en que prestó sus servicios en el Instituto Geológico. En esta lista hemos agrupado las rocas en el mismo orden que adoptamos al exponer nuestras observaciones de campo.

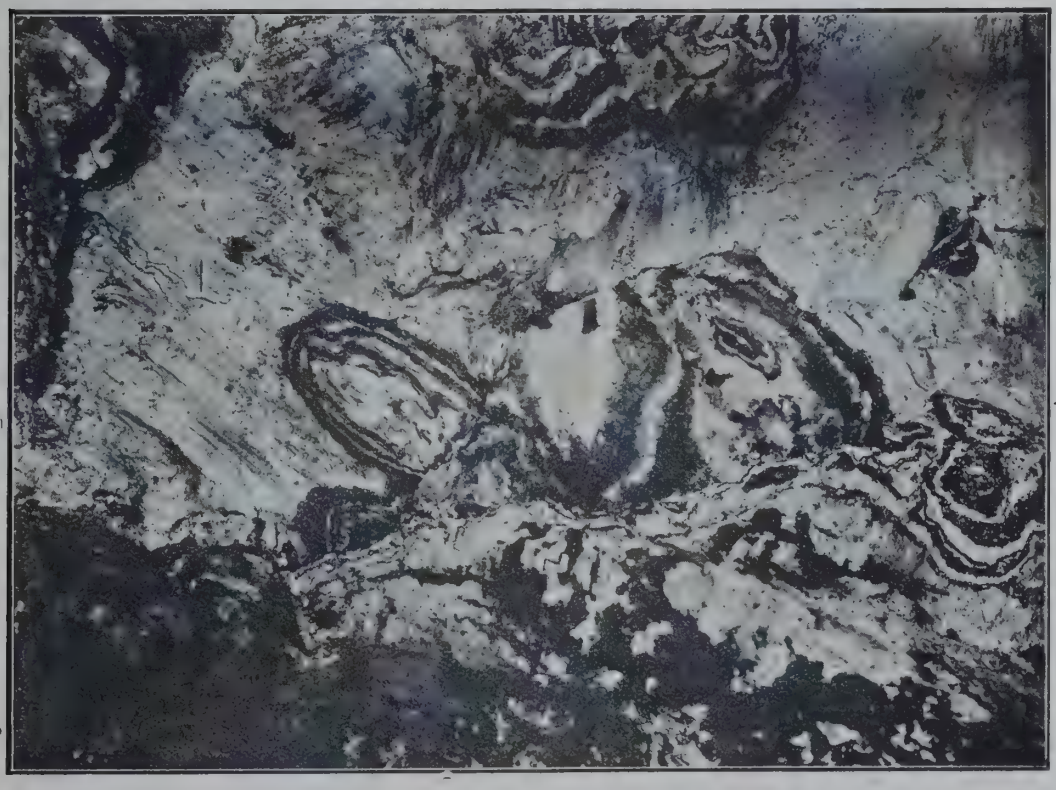
Fotografía número 78. Planes de la mina de "Arévalo."—3ª Frente W. del pozo 505.—20 metros abajo del nivel "Potomac." Mineral de "El Chico."



Fotografía número 79. Planes de la mina de "Arévalo."—2ª Frente E. del pozo 505.—Clavo explotado, abajo del nivel "Potomac." Mineral de "El Chico."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Fotografía número 80. Fragmentos de andesita porfirítica, contenidos en el relleno de la veta de la mina "Montaña de Oro." Alrededores del mineral de "El Chico."



Fotografía número 81. Manchas de óxidos de fierro, en zonas concéntricas, que se forman por la descomposición de las piritas en la veta de la mina "Montaña de Oro." Mineral de "El Chico."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

ANDESITAS

Lámina número 1: Clasificación: Andesita ácida.
Localidad: Mina de Arévalo, Mineral de El Chico, nivel Finlandia, tope de la prolongación del Crucero al Malacate.
Mac.: Roca afanítica de color azul verdoso, en la que no se ven ningunos constituyentes a simple vista. La roca presenta venillas de calcita.
Mic. Text.: Microlítica, algo vesicular.
Cons. Fen.: Prismas de oligoclasa, encerrando agregados de clorita, derivados de algún mineral ferromagnesiano alterado totalmente.
Acces.: Magnetita.
Sec.: Calcita, clorita, leucoxena.
El cuarzo, la calcita, la epidota y la clorita llenan las cavidades.

Lámina número 4 Clasificación: Andesita.
Localidad: Mina de Arévalo, Mineral de El Chico, nivel Hércules, roca al bajo del dique.
Mac.: Roca muy densa, gris, de apariencia vítrea, con algunos granos de pirita.
Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: Agregados granulares.
Cons. Fen.: Andesina > Cuarzo.
Masa: Agregados de minerales de birrefrigencia baja, con $n >$ B. C., probablemente feldespato y fragmentos de sericita.
Acces.: Apatita, pirita, magnesita titanífera, casi enteramente alterada a leucoxena.
Sec.: Clorita, sericita, calcita, leucoxena.

Lámina número 37: Clasificación: Brecha de corriente andesítica.
Localidad: Mina de Arévalo, Mineral de El Chico, Socavón Neptón, a 123 metros de la boca.
Mac.: Roca con manchas verdes y rosadas, muy descompuesta, pudiéndose reconocer únicamente la pirita.
Mic. Text.: Porfirítica. Parece ser una brecha de corriente o tobacea.
Cons. Fen.: Andesina, ortoclasa, hornblenda alterada.
La roca tiene tantos fragmentos de rocas tan diferentes y está tan alterada, que es imposible decir cuál es el cemento y cuáles son las rocas que están como inclusiones. El material de grano muy fino es probablemente el cemento. Sin embargo, los materiales son prácticamente de composición andesítica.
Acces.: Magnetita, apatita, pirita.
Sec.: Calcita, mica blanca, clorita, magnetita, caolín, óxidos de fierro, zoisita, leucoxena.

Lámina número 12: Clasificación: Andesita.
Localidad: Mina de Arévalo, Mineral de El Chico, Socavón Neptón, a 1,007 metros de la boca.
Mac.: La roca es bastante densa, de color gris, con bastantes fenocristales, blancos y muy pocos oscuros, también hay algo de pirita.
Mic. Text.: Porfirítica.
Cons. Fen.: Andesina >> un ferromagnesiano alterado (biotita u hornblenda).
Masa: Andesina y clorita, derivada de algún mineral ferromagnesiano, probablemente hornblenda.
Acces.: Magnetita titanífera, pirita, apatita.
Sec.: Leucoxena, clorita, hematita, calcita, mica blanca.

Lámina número 42: Clasificación: Probablemente andesita.
Localidad: Mina de Arévalo, Mineral de El Chico, Socavón Neptón, a 1,545 metros de la boca.
Mac.: Una roca gris oscura, con minerales indeterminables, excepción hecha de pequeños cristales de pirita.
Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: granular muy fina, muy alterada.
Cons. Fen.: Un mineral ferromagnesiano alterado a clorita, probablemente hornblenda > andesina alt. ($\sphericalangle \pm 20°$)
Masa: Muy alterada y demasiado fina para hacer una determinación exacta, pero están presentes: plagioclasa y un mineral ferromagnesiano. La masa es probablemente vidrio devitrificado.
Acces.: Pirita, zircón, apatita.
Sec.: Clorita, calcita, leucoxena, hematita.

Lámina número 24: Clasificación: Andesita.
Localidad: Cumbre de los Cabreras, Mineral de El Chico.
Mac.: Una roca muy densa, de color gris oscuro, que muestra algunos fenocristales de feldespato vítreo.
Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: microlítica.
Cons. Fen.: Andesina > ferromagnesiano alt. > cuarzo.
Masa: Andesina, mineral ferromagnesiano alt., magnesita.
Sec.: Calcita, clorita, magnetita, hematita.
Lámina número 27: Clasificación: Andesita, casi basalto.
Localidad: Las Ventanas, El Chico.
Mac.: Roca porfirítica de color café claro con fenocristales de feldespato, cuarzo, biotita y fragmentos de otras rocas.
Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: Microlítica.
Cons. Fen.: Andesina > augita, cuarzo.
La biotita no se encuentra en los fenocristales de la lámina, no obstante de estar presente en el ejemplar. Un fragmento examinado dió un ángulo axial excepcionalmente grande $2E = \pm 30°$.
Masa: Andesina cerca de labradorita, bastones de hematita derivada de biotita u hornblenda.
Acces.: Magnetita alt.

Sec.: Hematita, una zeolita, tal vez heulandita, ($n <$ B. C.; B. $<$ cuarzo, elong. (—) láminas).

Lámina número 54: Clasificación: Andesita.
Localidad: Camino de El Chico a Las Monjas, al pie de Las Monjas.
Mac.: Roca gris, con fenocristales blancos de feldespato y cuarzo y un mineral oscuro.
Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: microlítica, indistintamente granular.
Cons. Fen.: Andesina $>$ cuarzo $>$ biotita alt. $>$ piroxena ortorrómbica.
Masa: Andesina, piroxena y productos de alteración de un mineral oscuro.
Acces.: Magnetita, apatita.
Sec.: Clorita, pirita, hematita, magnetita, caolín.

Lámina número 41: Clasificación: Andesita.
Localidad: Camino de Los Jaspes.
Mac.: Roca purpúrea, porfirítica, de masa densa y fenocristales de feldespato y un mineral oscuro.
Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: algo fluidal con bastoncitos de feldespato en una masa de vidrio devitrificado.
Cons. Fen.: Andesina cerca de labradorita ($\sphericalangle$ 28½°) $>$ cuarzo $\leq$ biotita. También hay un mineral ferromagnesiano.
Masa: Plagioclasa, cuarzo, vidrio, un mineral ferromagnesiano alterado.
Acces.: Magnetita.
Sec.: Magnetita, clorita, hematita, epidota, leucoxena, cuarzo muy alterado.
La composición de los fenocristales de feldespato se encuentra entre andesina y labradorita. Aquél de la masa es indeterminable, pero probablemente es ligeramente más ácido, puesto que este es el caso más frecuente. En consecuencia, la roca se clasifica como andesita.

Lámina número 47: Clasificación: Andesita.
Localidad: Lecho del arroyo de Las Vigas, afluente del Milagro.
Mac.: Roca muy oscura (negra-rojiza) afanítica con pocos fenocristales en forma de bastoncitos.
Mic. Text.: Porfirítica, fenocristales escasos. *Masa*: microlítica.
Cons. Fen.: Andesina $>$ hornblenda alt. a clorita.
Masa: Andesina, hornblenda (aparentemente derivada de la augita).
Acces.: Magnetita.
Sec.: Hematita, clorita, mica blanca.
El feldespato tiene $\sphericalangle$ 23°.

Lámina número 50: Clasificación: Andesita.
Localidad: Peñas Cargadas, salida de Omitlán a Real del Monte.
Mac.: Roca porfirítica, verde pálido, alterada, con masa densa, terrosa, amarillenta, fenocristales de feldespato alterado y cuarzo.

Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: alterada de granular a microlítica.
Cons. Fen.: Oligoclasa ($n \gtrless$ BC. $\sphericalangle$ 10°)
Masa: Feldespato y minerales ferromagnesianos alterados.
Acces.: Magnetita titanífera.
Sec.: Calcita, clorita, mica blanca, óxidos amarillos de fierro, leucoxena, epidota.
No hay cuarzo en la lámina.

Lámina número 43: Clasificación: Andesita.
Localidad: Contrafuerte del cerro de Las Vigas, camino para Sanctorum.
Mac.: Roca porfirítica, café purpúrea, en la que se ven cristales de feldespato y un mineral oscuro sobre una masa densa.
Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: andesítica.
Cons. Fen.: Andesina-labradorita ($\sphericalangle$ 28°) > hornblenda enteramente alterada (?) a magnetita.
Masa: Andesina, hornblenda alt. (?)
Acces.: Apatita (manchada con óxidos de fierro).
Sec.: Hematita, magnetita, calcita, mica blanca, clorita, caolín.

Lámina número 45: Clasificación: Andesita de hiperstena, casi basalto.
Localidad: Camino de Bandola.
Mac.: Roca café oscura de apariencia vítrea, con fenocristales oscuros de feldespato.
Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: microlítica con base granular.
Cons. Fen.: Andesina ($\sphericalangle$ 27°) > hornblenda alterada a magnetita > cuarzo (en pequeñas cantidades).
Masa: Andesina > hiperstena y otro mineral ferromagnesiano cloritizado, probablemente hornblenda.
Acces.: Magnetita, apatita.
Sec.: Magnetita, hematita, clorita.

Lámina número 34: Clasificación: Andesita de hiperstena.
Localidad: Camino entre El Cardonal y Pechuga, bajada del cerro del Tejai.
Mac.: Roca densa café rojiza, terrosa, con algunos fenocristales oscuros, indeterminables microscópicamente.
Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: microlítica (andesítica).
Cons. Fen.: Enteramente alterados (hornblenda?).
Masa: Andesina > vidrio > hiperstena.
Acces.: Magnetita.
Sec.: Hematita, magnetita, limonita.

Lámina número 52: Clasificación: Andesita sódica turmalinífera.
Localidad: Dique en los alrededores de la mina de Pamplona, Mineral de Zimapán.
Mac.: Roca porfirítica con fenocristales de feldespato y un mineral oscuro.
Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: traquítica.
Cons. Fen.: Oligoclasa-albita, agrupamientos de turmalina.

Masa: Feldespato alcalino, oligoclasa-albita (en cristales gemelados $n <$ B. C., pequeño ángulo de extinción), clorita derivada de la hornblenda alt. (?).
Acces.: Magnetita titanífera.
Sec.: Epidota, leucoxena, clorita, óxido amarillo de fierro, mica blanca.

Lámina número 53: Clasificación: Propilita (?).
Localidad: Socavón Montaña de Oro, al N. del Mineral de El Chico.
Mac.: Roca gris, porfirítica, con fenocristales blancos de feldespato y mucha pirita.
Mic. Text.: Porfirítica, muy alterada. *Masa*: confusa.
Cons. Fen.: Una plagioclasa alterada. No hay material original, sino trazos de gemelación en los productos alterados > mineral ferromagnesiano alterado (biotita u hornblenda).
Masa: Diversos productos de alteración.
Acces.: Zircon, magnetita titanífera o ilmenita.
Sec.: Pirita, calcita, leucoxena, mica blanca.

DACITAS

Lámina número 28: Clasificación: Dacita.
Localidad: Mina de Arévalo, Mineral de El Chico, Socavón Neptón, a 1,091 metros de la boca.
Mac.: Roca densa de apariencia vítrea, de color gris azulado, que muestra fenocristales bastante grandes de plagioclasa y cuarzo.
Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: grano fino.
Cons. Fen.: Cuarzo, < andesina, minerales ferromagnesianos alterados.
Masa: Plagioclasa, un mineral ferromagnesiano alterado (hornblenda ?), cuarzo, pequeñas cantidades de ortoclasa.
Acces.: Magnetita.
Sec.: Calcita, caolín, clorita, leucoxena, hematita, mica blanca.

Lámina número 17: Clasificación: Dacita porfirítica.
Localidad: Mina de Arévalo, Mineral de El Chico, Socavón Neptón.
Mac.: Roca moderadamente oscura, verde azulosa, con numerosos fenocristales bastante grandes (hasta 5 milímetros) de cuarzo, feldespato y un mineral oscuro.
Mic. Text.: Porfirítica, *Masa*: granular, fina.
Cons. Fen.: Cuarzo, andesina, biotita.
Masa: Clorita y feldespato, probablemente andesina.
Acces.: Magnetita titanífera, apatita.
Sec.: Calcita, clorita, leucoxena.

Lámina número 16: Clasificación: Andesita cuarcífera.
Localidad: San Cayetano, Mineral de El Chico.
Mac.: Roca verde, con masa densa y fenocristales de cuarzo, feldespato y un mineral oscuro.
Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: granular muy fina. Los fenocristales están muy fragmentados, corroídos e irregulares.
Cons. Fen.: Andesina >> cuarzo > biotita.
Masa: Feldespato y mucha clorita, algo de cuarzo y posiblemente un poco de ortoclasa.
Acces.: Magnetita, apatita.
Sec.: Hematita, clorita calcedonia.

Lámina número 51: Clasificación: Andesita cuarcífera o riolita.
Localidad: Camino nuevo entre Pachuca y la mina de La Cruz, Santa Rosa.
Mac.: Una roca gris azulosa con fenocristales de feldespato blanco, cuarzo y un mineral verde oscuro.
Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: andesítica confusa.
Cons. Fen.: Cuarzo, oligoclasa (?) biotita corroída.
Masa: Cuarzo, ortoclasa (?)
Acces.: Magnetita titanífera.
Sec.: Calcita, clorita leucoxena, sericita.
Nota: El ejemplar de mano muestra más feldespato y menos cuarzo que la lámina. Feldespato muy alterado.

Lámina número 46: Clasificación: Andesita cuarcífera alt.
Localidad: Organos de Actopan.
Mac.: Roca gris con fenocristales de plagioclasa, biotita, cuarzo, hornblenda.
Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: granular indefinida.
Cons. Fen.: Andesina > hornblenda alt. > biotita alt. > cuarzo.
Masa: Andesina, cuarzo (?) biotita alt.
Acces.: Pirita.
Sec.: Calcita, magnetita, hematita.

RIOLITAS

Lámina número 18: Clasificación: Riolita (probablemente toba).
Localidad: Camino del Cerro Partido, Mineral de El Chico.
Mac.: Roca color de rosa claro, porfirítica, que muestra fenocristales de cuarzo, feldespato y un mineral oscuro. También uno que otro fragmento de roca oscura de apariencia andesítica.
Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: hialina, fenocristales irregulares rotos.
Cons. Fen.: Cuarzo, ortoclasa, andesina, biotita. También fragmentos de una andesita considerablemente alterada.

Masa: Vidrio parcialmente devitrificado. No muestra textura fluidal, y la apariencia es de una toba, mejor que de una corriente.
Acces.: Apatita, zircón (escaso).
Sec.: Hematita, sericita, clorita.

Lámina número 15: Clasificación: Riolita (pórfido granítico).
Localidad: Crestón del dique de Arévalo, cerca de la laguna, Mineral El Chico.
Mac.: Roca color de rosa con una masa densa y opaca, que muestra fenocristales de biotita y feldespato.
Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: granular fina.
Cons. Fen.: Biotita (rara en la sección, pero bastante abundante en el ejemplar), plagioclasa alterada.
Masa: Ortoclasa, cuarzo, plagioclasa, biotita alterada.
Sec.: Hematita, clorita.

Lámina número 2: Clasificación: Riolita (pórfido granítico o sienítico).
Localidad: Mina de Arévalo, Mineral de El Chico, nivel Hidalgo, crucero 705.
Mac.: Roca porfirítica color de rosa, de masa densa con fenocristales de feldespato alt., biotita.
Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: granular muy fina.
Cons. Fen.: Los principales fenocristales, evidentemente plagioclasa en un tiempo, están alterados completamente a calcita, poca biotita.
Masa: Ortoclasa, probablemente cuarzo también, restos de un mineral ferromagnesiano y polvo de mineral de fierro.
Sec.: Hematita, clorita, calcita.

Lámina número 3: Clasificación: Riolita (pórfido granítico).
Localidad: Mina de Arévalo, Mineral de El Chico, dique de Arévalo.
Mac.: Roca gris claro porfirítica, que muestra fenocristales de feldespato alterado hasta 3 milímetros en una masa densa y uniforme.
Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: granular muy fina, alterada.
Cons. Fen.: Ortoclasa, oligoclasa, biotita.
Masa: Cuarzo, ortoclasa alterada, mineral ferromagnesiano alterado.
Acces.: Magnetita.
Sec.: Calcita, sericita, óxido café de fierro.
El feldespato de la masa tiene $n >$ B. C.

Lámina número 5: Clasificación: Riolita (pórfido granítico).
Localidad: Mina de Arévalo, Mineral de El Chico, nivel Hércules, Crucero San Pedro, borde del dique de Arévalo.
Mac.: Una roca densa, gris claro, lustre opaco, porfirítica y bandeada con capas negras paralelas. Hay pocos cristales, biotita.
Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: granular muy fina.
Cons. Fen.: Plagioclasa ácida > biotita.

Masa: Agregados de ortoclasa, cuarzo y tiras de clorita de un ferromagnesiano alterado. También muchos granitos de magnetita.
No es un pórfido granítico típico.

Lámina número 6: Clasificación: Riolita (pórfido granítico).
Localidad: Mina de Arévalo, Mineral de El Chico, nivel Hércules, Crucero de Próspero Cruz, al S. de la vía.
Mac.: Roca gris claro con fenocristales de cuarzo y feldespato; los primeros claros y oscuros, los últimos lechosos.
Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: granular fina.
Cons. Fen.: Cuarzo, oligoclasa-albita y un mineral ferromagnesiano, enteramente alterado.
Masa: Un agregado de cuarzo ortoclasa, conteniendo tiras de material clorítico, algo de micro-pegmatita.
Acces.: Mucha pirita, apatita.
Sec.: Sericita, leucoxena, un carbonato, probablemente calcita manchada por óxido amarillo de fierro.

Lámina número 38: Clasificación: Pórfido riolítico (?).
Localidad: Mina de Arévalo, Mineral de El Chico, dique Arévalo en nivel Potomac, Crucero 260.
Mac.: Una roca densa, de color gris claro, con pocos fenocristales de feldespato blanco y biotita.
Mic. Text.: Ligeramente porfirítica. *Masa*: granular muy fina, esferulítica en parte.
Cons. Fen.: Un feldespato casi enteramente alterado a calcita > biotita.
Masa: Indeterminable, pero probablemente ortoclasa, cuarzo y un mineral ferromagnesiano alterado.
Acces.: Magnetita.
Sec.: Calcita, clorita, caolín, zoisita.

Lámina número 8: Clasificación: Riolita (pórfido granítico).
Localidad: Mina de Arévalo, Mineral de El Chico, nivel Potomac. Alto de la veta de Arévalo, Crucero 360.
Mac.: Roca densa, tosca, áspera, de color blanco azuloso.
Mic. Text.: Tiene la apariencia de un granofiro. La textura es tan fina, que la determinación absoluta es imposible; pero claramente está compuesta de 2 minerales, uno con $n >$ B. C., el otro menor, probablemente cuarzo y ortoclasa. La apariencia general indica lo mismo.
Hay cavidades llenas de calcedonia, cuarzo y calcita.
Como mineral secundario, al lado de los arriba mencionados, está la sericita. Algunos minerales de fierro (pirita o magnetita) entran como accesorios, pero en granos extremadamente pequeños.

Lámina número 9: Clasificación: Riolita (?)
Localidad: Mina de Arévalo, Mineral de El Chico, nivel Potomac "pixtle" entrando al Crucero 655.

Mac.: Roca gris bandeada, de textura fluidal.
Mic. Text.: Ligeramente porfirítica. *Masa*: bandeada, hialina (devitrificada).
Cons. Fen.: Plagioclasa > cuarzo.
Masa: Vidrio devitrificado, ortoclasa, en parte.
Acces.: Magnetita, zircón, apatita.
Sec.: Hematita, clorita, magnetita.
Hay demasiado material vítreo para clasificarla con exactitud.

Lámina número 11: Clasificación: Riolita (granito porfirítico de grano muy fino, alterado).
Localidad: Mina de Arévalo, Mineral de El Chico, corte del dique de Arévalo, por la prolongación del Socavón Neptón.
Mac.: Roca blanca, densa, que parece porcelana, muestra algunos fenocristales de un mineral blanco alterado.
Mic. Text.: Ligeramente porfirítica. *Masa*: granular, extremadamente fina.
Cons. Fen.: Muestra un cristal de cuarzo; pero los fenocristales terrosos rectangulares que hay en el ejemplar, están enteramente alterados, en parte, a calcita. Fueron, indudablemente, feldespato.
Masa: Es tan fina, que no es posible hacer determinaciones, sino en un mineral con $n <$ B. C. (probablemente ortoclasa) y uno $n >$ B. C. (probablemente cuarzo).
Sec.: Oxido amarillo de fierro, mucha calcita.

Lámina número 13: Clasificación: Riolita (pórfido granítico).
Localidad: Dique al alto de la veta en el Tiro Nuevo, Mineral de El Chico.
Mac.: Roca café rojizo pálido, que muestra algunos fenocristales de biotita y un feldespato alterado.
Mic. Text.: Porfirítica.
Cons. Fen.: Cuarzo (raro, corroído), biotita, enteramente alterada.
Masa: Agregados de ortoclasa-cuarzo.
Acces.: Magnetita.
Sec.: Calcita, clorita, hematita, caolín.
La composición es de un granito, pero no es muy porfirítica.

Lámina número 14: Clasificación: Riolita (pórfido granítico).
Localidad: Dique en la mina de Tetitlán, Mineral de El Chico.
Mac.: Roca opaca color rosado, que muestra fenocristales de biotita y un mineral blanco alterado.
Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: granular fina.
Cons. Fen.: Cuarzo, poca plagioclasa ácida, biotita (la última no es tan abundante en la lámina como en el ejemplar de mano, pero parece haberse perdido durante la laminación).

Masa: Agregado de ortoclasa-cuarzo con algo de clorita de un mineral ferromagnesiano alterado.
Acces.: Magnetita.
Sec.: Hematita, clorita, caolín.

Lámina número 29: Clasificación: Riolita.
Localidad: Mineral de El Chico, cerca de Tetitlán.
Mac.: Roca rosada y café rojiza bandeada, muestra fenocristales de cuarzo y plagioclasa; textura fluidal clara.
Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: fluidal, devitrificada hialina.
Cons. Fen.: Andesina > cuarzo, biotita alterada.
Masa: Vidrio devitrificado lleno de polvo de hematita y granos de ortoclasa.
Acces.: Apatita, magnetita, zircón.
Sec.: Cuarzo en vetas y cavidades, hematita, clorita.
El ejemplar muestra más cuarzo que la lámina.

Lámina número 22: Clasificación: Riolita (pórfido granítico).
Localidad: Cerro Blanco, Sanctorum.
Mac.: Roca opaca blanca, que tiene muy pocos fenocristales de cuarzo.
Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: fina granular
Cons. Fen.: Cuarzo.
Masa: Agregados de cuarzo y feldespato. Un mineral ferromagnesiano está completamente alterado.
Sec.: Sericita, clorita, limonita.
Acces.: Magnetita.

Lámina número 44: Clasificación: Pórfido riolítico.
Localidad: Dique del N., Veta de Capula, Mineral de Capula.
Mac.: Roca terrosa, de color rosado claro, con fenocristales de feldespato blanco descompuesto y algunos de cuarzo.
Mic. Text.: Esférulas en una masa fina granular. Las esférulas no son esferulitas, sino individuos que se extinguen simultáneamente o en sectores.
Cons. Fen.: Las esférulas y la masa parecen ser de la misma composición, algunos con $n <$ B. C. y otras > aparentemente ortoclasa y cuarzo. Hay algunos fenocristales de ortoclasa, y en el ejemplar también algunos de cuarzo.
Acces.: Zircón, magnetita.
Sec.: Sericita, hematita, leucoxena, caolín.
No es un pórfido riolítico típico.

Lámina número 35: Clasificación: Riolita (pórfido granítico típico).
Localidad: Camino entre El Cardonal y San Clemente.
Mac.: Roca rosada porfirítica, de masa densa y fenocristales de cuarzo, ortoclasa, plagioclasa y un mineral oscuro.
Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: fina granular.

Cons. Fen.: Cuarzo > ortoclasa > plagioclasa (?) muy alterada > biotita.
Masa: Ortoclasa > cuarzo > magnetita.
Sec.: Caolín, sericita.
La "plagioclasa muy alterada" es aparentemente un feldespato diferente de la ortoclasa, de otro modo su alteración sería similar.

DIABASAS

Lámina número 7: Clasificación: Diabasa.
Localidad: Mina de Arévalo, Mineral de El Chico, Socavón Aurora, a 450 metros de la boca.
Mac.: Roca densa, negra-azulada; no tiene constituyentes visibles a simple vista.
Mic. Text.: Sub-ofítica.
Cons. Fen.: Labradorita, > augita (casi toda alterada a clorita). Hay pocos fenocristales de augita, ligeramente más grandes.
Acces.: Magnetita.
Sec.: Hematita, clorita, calcita.
Cruzada por vetas de hematita.

Lámina número 26: Clasificación: Diabasa de olivino.
Localidad: Diques en los alrededores de la mina de Pamplona, Mineral de Zimapán.
Mac.: Roca verde-azulada; de textura algo gruesa, muestra cristales en número considerable.
Mic. Text.: Ofítica, muy alterada.
Cons. Fen.: Olivino alterado enteramente a clorita, y calcita.
Masa: Labradorita muy alterada > augita alterada.
Acces.: Magnetita.
Sec.: Clorita, calcita, mica blanca, epidota verde, cuarzo.

BASALTOS

Lámina número 19: Clasificación: Basalto de olivino.
Localidad: Lecho del río de El Carmen.
Mac.: Roca agrisada con fenocristales de labradorita iridicente y olivino.
Mic. Text.: Porfirítica. *Masa:* basáltica típica.
Cons. Fen.: Olivino, labradorita, magnetita.
Masa: Labradorita, augita, magnetita.
Acces.: Apatita.
Sec.: Hematita, serpentina.

Lámina número 49: Clasificación: Basalto.
Localidad: Barranca de Santhé.
Mac.: Roca afanítica, amigdaloidal, café negruzca, las cavidades son café-amarillentas.

Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: microlítica.
Cons. Fen.: Piroxena ortorrómbica, ligeramente pleocroica, 2V cerca de 90°, bronzita-hiperstena > labradorita.
Masa: Labradorita, piroxena, vidrio.
Acces.: Magnetita.
Sec.: Oxido de fierro, clorita.

Lámina número 48: Clasificación: Probablemente basalto.
Localidad: Cuenca del río Amajac.
Mac.: Roca afanítica, densa, negra. No se distinguen constituyentes a simple vista.

Mic. Text.: Microlítica, muy vesicular.
Cons. Fen.: Los fenocristales de augita son muy escasos.
Masa: Microlitos de plagioclasa, granos de augita, magnetita y algo de vidrio.
El feldespato no da ángulo mayor que el de andesina. La roca, sin embargo, parece un basalto. El feldespato es, probablemente, labradorita. Alguna otra roca de la misma masa, tal vez muestre más claramente qué clase de feldespato es. Si es andesina la roca es una andesita con augita, y si es labradorita, es un basalto.

Lámina número 21: Clasificación: Basalto (diabasa) de olivino.
Localidad: Canteras de Canguiguindo, Dos Cerritos, Actopan.
Mac.: Roca café oscura, que muestra bastones de plagioclasa en una masa densa.

Mic. Text.: Porfirítica, ligeramente intersertal; el material intersticial es basáltico en textura. Esto es, hay dos generaciones de cristales de plagioclasa. Esta textura no es frecuente.
Cons. Fen.: Olivino, labradorita.
Masa: Augita, labradorita, olivino, magnetita.
Sec.: Hematita.
La roca iba a ser una diabasa, y el olivino y la plagioclasa cristalizaron, pero la masa es basáltica típica.
Esta es una textura curiosa.

ROCAS INTRUSIVAS

(Sienitas, Dioritas, Monzonitas, Grano-dioritas)

Lámina número 36: Clasificación: Vogesita (?).
Localidad: Intrusiones en la barranca de San Clemente, Mineral de El Cardonal.
Mac.: Roca granular, moderadamente oscura, manchas negras y verdosas, hornblenda y feldespato visibles.

Mic. Text.: Hipautomórfica granular, muy alterada.
Cons. Fen.: Principalmente ortoclasa (?) > hornblenda > oligoclasa > biotita (?) alterada.
Acces.: Apatita, magnetita.

Sec.: Clorita, sericita, calcita, leucoxena, caolín, epidota verde.

El feldespato llamado ortoclasa está prácticamente alterado en su totalidad; pero algunos granos tienen $n <$ B. C.

La plagioclasa está más fresca. Suponiendo que es ortoclasa, la roca es un dique de sienita con hornblenda vogesita. Si ésta es plagioclasa (probablemente determinable en otros ejemplares), la roca es un dique de diorita oscura.

Lámina número 25: Clasificación: Diorita.
Localidad: Alrededores de la mina de Pamplona, Zimapán.
Mac.: Roca gris clara, de grano medio, se puede reconocer a simple vista la plagioclasa, pirita y un mineral ferromagnesiano verde pálido.
Mic. Text.: Hipautomórfica granular.
Cons. Fen.: Andesina > diopsida.
Acces.: Pirita, apatita, magnetita.
Sec.: Caolín, mica blanca, titanita, epidota.
Hay muy poca magnetita; pero la asociación de titanita con la pirita da idea que ambas se derivaron de magnetita titanífera. En algunos casos la pirita tiene en el centro magnetita.

Lámina número 31: Clasificación: Diorita porfirítica cuarcífera.
Localidad: Confluencia de los ríos de Pechuga y Santuario, mineral de Bonanza.
Mac.: Roca gris claro de grano fino. Aparecen cristales de piroxena sobre una masa feldespática.
Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: granular fina.
Cons. Fen.: Andesina ($\sphericalangle$ 27°) > hiperstena > hornblenda > biotita.
Masa: Andesina > cuarzo > vidrio > ortoclasa > magnetita.
Sec.: Calcita, magnetita, óxidos amarillo de fierro.
El feldespato se acerca a la labradorita. Se aproxima a un pórfido de grano-diorita.

Lámina número 32: Clasificación: Diorita porfirítica cuarcífera.
Localidad: Pechuga.
Mac.: Roca algo gris clara, de apariencia pétrea, muestra algunos fenocristales de piroxena.
Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: granular fina.
Cons. Fen.: Andesina (22½°) hiperstena > magnetita > hornblenda.
Masa: Plagioclasa, ortoclasa, un ferromagnesiano alterado, posiblemente cuarzo.
Acces.: Apatita.
Sec.: Serpentina, clorita, magnetita.
Se aproxima a un pórfido de grano-diorita.

Lámina número 33: Clasificación: probablemente diorita porfirítica, cuarcífera alterada.

Localidad: Subida de la mina de don Martín a la mina de El Zapote, Mineral de Bonanza; barranca de don Martín.

Mac.: Roca verdosa muy alterada, porfirítica, con abundantes fenocristales blancos de feldespato.

Mic. Text.: Porfirítica. *Masa*: Grano fino, granular indistinta. Los minerales casi no se pueden reconocer por su alteración.

Cons. Fen.: Andesina ($\sphericalangle$ 26°) > biotita, > cuarzo.

Masa: Feldespato, y los productos de alteración, mica blanca, zoisita, clorita.

Acces.: Magnetita, apatita, zircón.

Sec.: Clorita, limonita, sagenita, calcita, mica blanca, magnetita, titanita, zoisita.

El feldespato de la masa está tan alterado, que es indeterminable, pero probablemente, fue plagioclasa.

Lámina número 23: Clasificación: Grano-diorita (casi monzonita cuarcífera).

Localidad: Mineral de La Encarnación.

Mac.: Roca gris. Se reconocen macroscópicamente: feldespato, hornblenda, biotita, pirita, epidota (?), titanita.

Mic. Const. Prin: Andesina > orticlasa $\gtrless$ hornblenda verde > biotita.

Acces.: Titanita, magnetita, apatita, zircón.

Sec.: Caolín, óxido amarillo de fierro.

Lámina número 30: Clasificación: Grano-diorita.

Localidad: Puerto Grande, entre cerro Buenavista y cerro de las Minas, Mineral de El Cardonal.

Mac.: Roca gris claro de textura peculiar. Hay bastones de feldespato blanco, y materiales gris-verdosos de alteración. La roca tiene una fractura ganchosa.

Mic. Text.: Combinación de hipautomórfica y traquitoide. Hay grandes cristales, entre los cuales hay una base, más o menos, microlítica. Con un objetivo de poco aumento, la roca se parece a una roca plutónica hipidiomórfica granular; pero el carácter del material entre muchos de los cristales más grandes, es el de una extrusiva. Hay zonas de reacción entre los cristales más grandes y la base. Tiene la apariencia de una roca plutónica desquebrajada e inyectada por lava.

Const. Prin: Oligoclasa, andesina (*n* en parte < en parte > B. C.) > ortoclasa > cuarzo.

Masa: Vidrio y feldespato. El vidrio contiene cristalitos.

Acces.: Zircón, apatita, magnetita, vidrio.

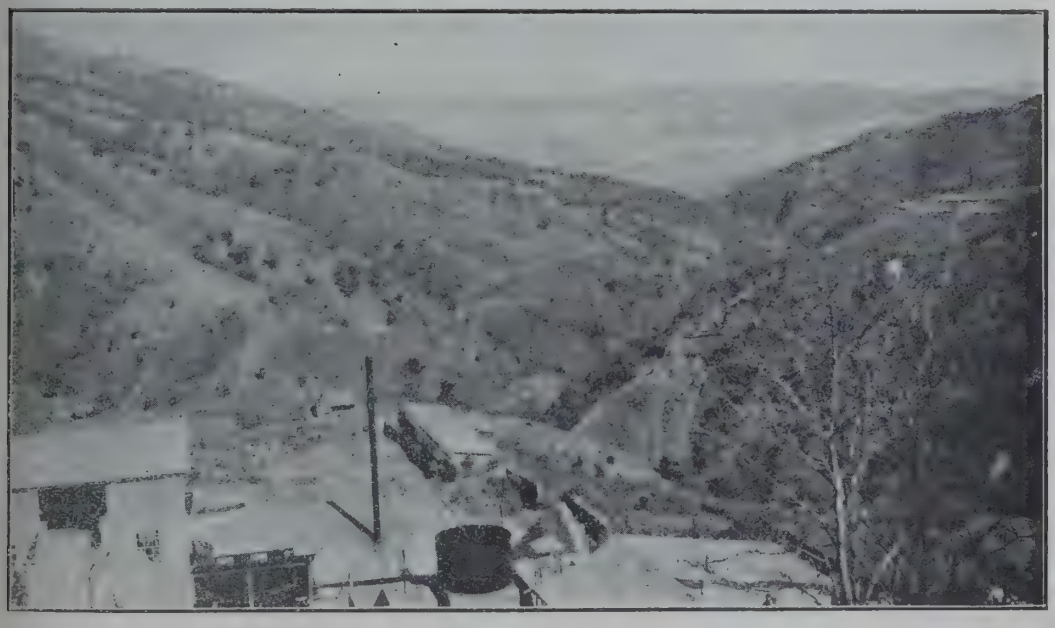
Sec.: Magnetita, hematita, material clorítico (?).

Los minerales son aquellos de una grano-diorita, pero la roca tiene caracteres de plutónica y extrusiva.

Fotografía número 82. Panorama en los alrededores de la hacienda de cianuración de "Plan Grande." Mina de Arévalo, Mineral de "El Chico."

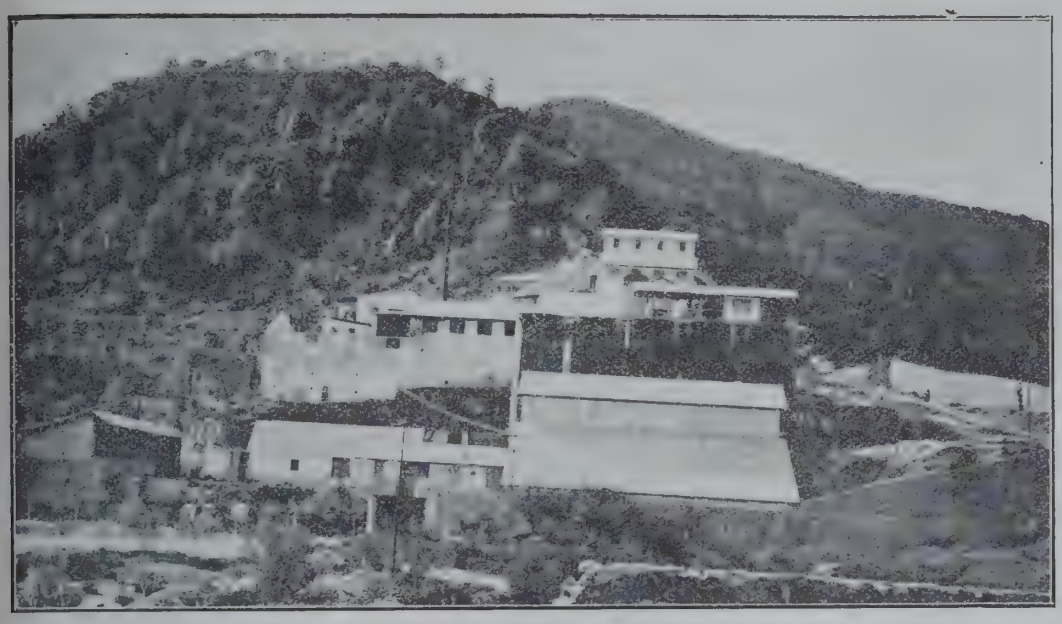
LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Fotografía número 83. Vía Decauville, para el transporte de minerales, del socavón "Aurora" a la hacienda de "Plan Grande."



Fotografía número 84. Río de "El Milagro," visto desde la hacienda de "Plan Grande."

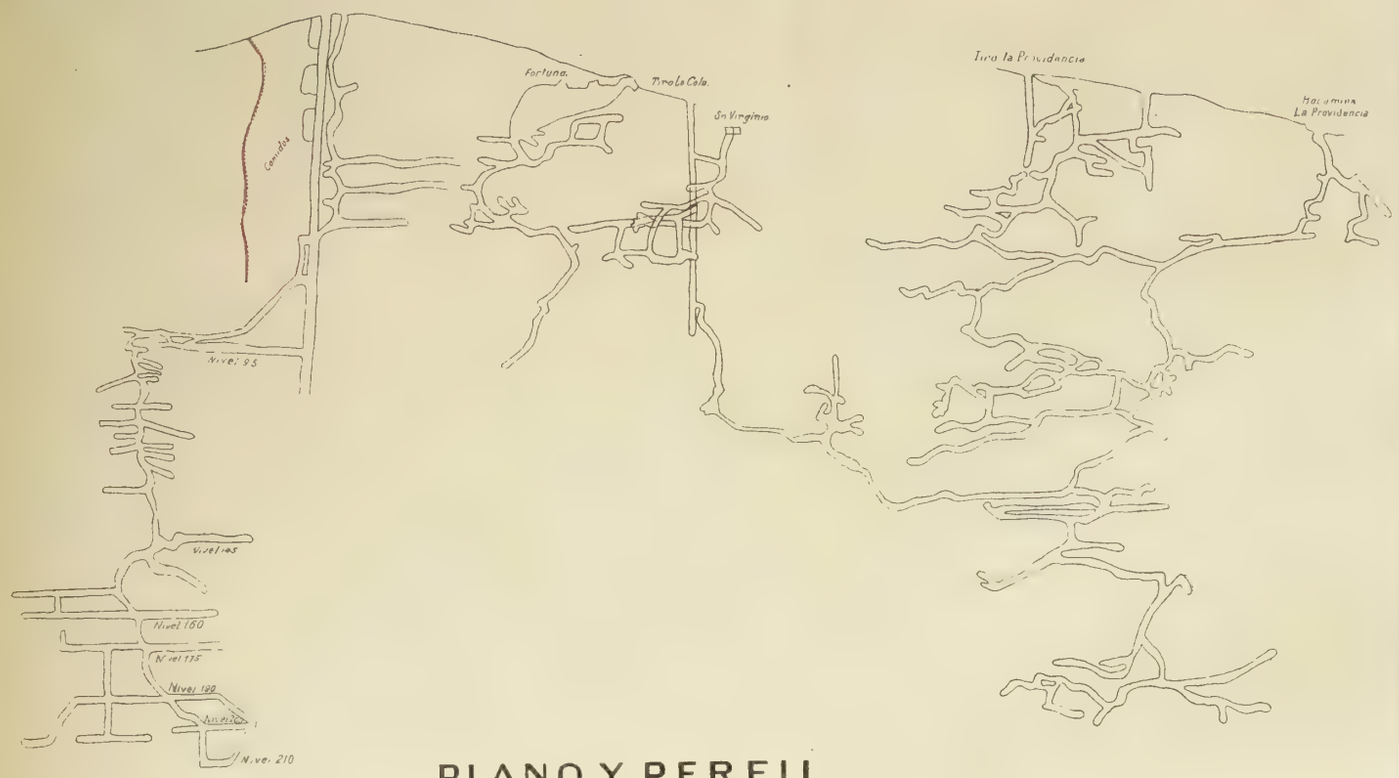
LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



Fotografía número 85. Hacienda de cianuración de "Plan Grande." Mineral de "El Chico."

Fotografía número 86. Patio de pepena, en la boca del socavón "Aurora." Mina de Arévalo. Mineral de "El Chico."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



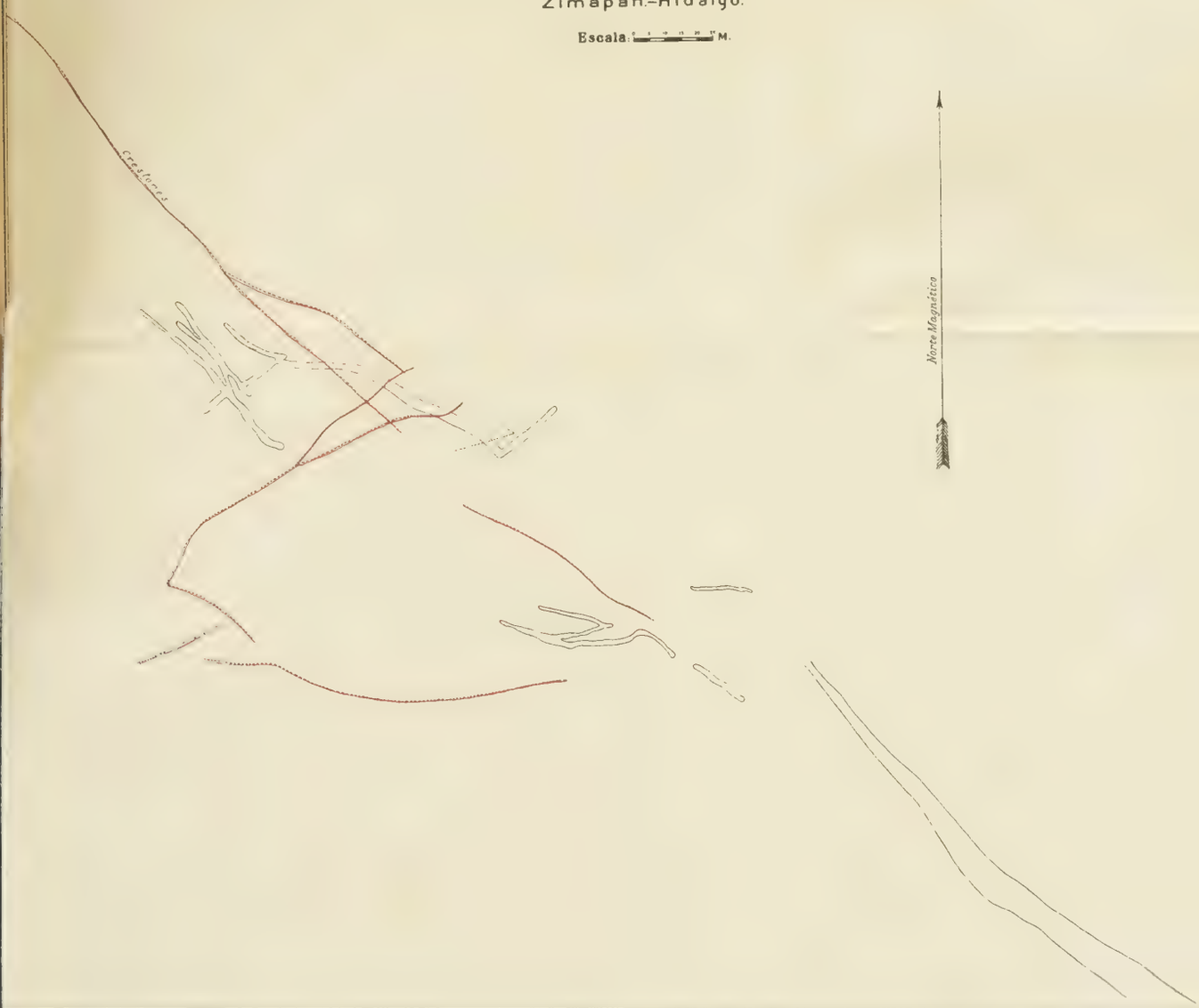
PLANO Y PERFIL

del laborio de las minas

Sta. GORGONIA Y PROVIDENCIA

Zimapán.–Hidalgo.

Escala: 1 0 1 2 3 4 5 M.



Talleres Graficos de la Nación.

ROCAS SEDIMENTARIAS

Para el estudio de las rocas sedimentarias seguiremos el orden que corresponde a su respectiva edad, es decir, trataremos primero de las rocas sedimentarias mesozoicas y después de las terciarias, cuaternarias y recientes.

ROCAS SEDIMENTARIAS Y MESOZOICAS

Las rocas sedimentarias más antiguas de la región explorada son las de las series meso y neo-cretácicas. Están representadas por pizarras arcillosas, calizas compactas más o menos puras, margas y areniscas, predominando entre estos sedimentos las calizas y pizarras arcillosas.

Las pizarras arcillosas se encuentran en los siguientes lugares: en los alrededores del Mineral de Las Plomosas, donde forman el fondo de las barrancas de Las Pilas, Gualulo y Agua de León, afluentes del Amajac; allí tienen los siguientes rumbos y echados: 37° al NE., con inclinación al NW., de 34° y 40° NE., con echado de 35° también al NW., y tanto en estos lugares como en otros muchos de la región se presentan muy plegadas y trastornadas, alternando a veces con delgados lechos de calizas, margas o areniscas de grano fino o cubiertas por gruesos bancos de calizas compactas. Se presentan también las pizarras arcillosas en manchones aislados en los alrededores de El Cardonal, en el camino que va de este Mineral al Santuario, cerca de este último lugar. Aparecen también en la barranca de Chalmita, al W. de la fundición del mismo nombre, donde se presentan muy bien definidas, con rumbos variables entre 32° y 70° al NW. e inclinaciones comprendidas entre 45° y 65° al SW.; estas mismas pizarras continúan en el fondo de la barranca presentado sus planos de estratificación descubiertos en considerables extensiones, hasta un poco antes del puerto del Señor, en donde comienzan a aparecer cantos rodados de la riolita del Santuario. Se presentan también en el puerto de Molanguito, en el camino de El Cardonal a la gruta de Tonaltongo, estando en el fondo de la barranca de este nombre sumamente plegadas y cubiertas por terrenos de acarreo. Aparecen también las pizarras arcillosas en el Mineral de Bonanza, en los bordes del río de Pechuga y en el interior de las minas de dichos centros mineros, siendo allí muy fisiles, negras, carbonosas y sirviendo de caja a las vetas. Pizarras arcillosas y margas se presentan al N. del valle de Ixmiquilpan, formando parte de la base de los cerros de Juárez y La Muñeca, cuyas cimas están constituídas como antes hemos dicho, por andesitas de hiperstena, que se extienden a veces en forma de corrientes que cubren a la roca sedimentaria. En los Minerales de San José del Oro y La Encarnación, las pizarras arcillosas ocupan casi siempre, como sucede en muchos lugares de la zona explorada, la base de la serie estratigráfica de las rocas sedimentarias mesozoicas y se encuentran al SW. del último mineral citado, en muy reducida extensión superficial, constituyendo el cerro de Toluquilla y algunos de los adyacentes.

En la porción del Distrito de Zimapán, recorrida por nosotros, sólo encontramos pizarras arcillosas negras, al bajar del puerto del Bofai en camino para la mina de Lomo de Toro, en el lecho de la barranca del Dedó, donde alternan con calizas y tienen un rumbo medio de 45° NW., con echado bien al NE. o bien al SW., pero es probable que existan en el borde o lecho

del río Moctezuma, no visitado por nosotros, que sirve de límite territorial con el Estado de Querétaro.

Las calizas son las rocas sedimentarias cretácicas predominantes en la región, especialmente en su extremidad NW. En la extremidad SE. ocupan menor extensión superficial y se encuentran en contacto con las rocas ígneas de las sierra de Pachuca y Atotonilco el Grande en los siguientes lugares: inmediaciones de los baños de Amajac, lecho y riberas del río del mismo nombre, falda septentrional del cerro Blanco, una parte del lecho del arroyo de Los Griegos, Mesa Chica y alrededores del Mineral de Las Plomosas, donde se presentan en la barranca de La Cueva en gruesos bancos; los que son en algunos lugares sumamente ricos en fósiles chamideos del género *Requienia* y son probablemente, por lo tanto, del cretácico medio. Estas mismas calizas forman los cerros de El Petate, Peña Goteada, Mesa de Doña Ana, Tenayo y El Aguila. En esta región las capas de las calizas están muy trastornadas, siendo sus rumbos e inclinaciones muy variables. Sin embargo, en la porción del curso del río Amajac, comprendido entre los cerros de El Petate y Cinco Palmas y la Mesa de Doña Ana y Peña Goteada, parecen formar un gran anticlinal, cuyo eje roto está orientado 45° al NE. Presentan estas calizas los accidentes propios de las comarcas calcáreas, como son las grutas y pérdidas subterráneas de los ríos. Entre los accidentes primeramente mencionados señalaremos la gruta de Nejamái (fot. núm. 108), cuya boca se encuentra situada en el borde izquierdo de la barranca de la Cueva, a 40 m. sobre el lecho del río. Esta gruta, aunque no extensa, es interesante, no por su decorado, sino por su modo de formación, que corresponde al fenómeno llamado por Martel "decollement" o sea el desprendimiento de los bancos de caliza, que quedan volados o mal sostenidos, los que, al caerse, han dado origen a la gruta y provocado su ensanchamiento; entre los accidentes mencionados en segundo lugar citaremos al llamado Puente de Dios (fot. núm. 51), en los alrededores de Sanctorum, que corresponde a un tramo del curso subterráneo del río de Los Griegos, afluente del Amajac.

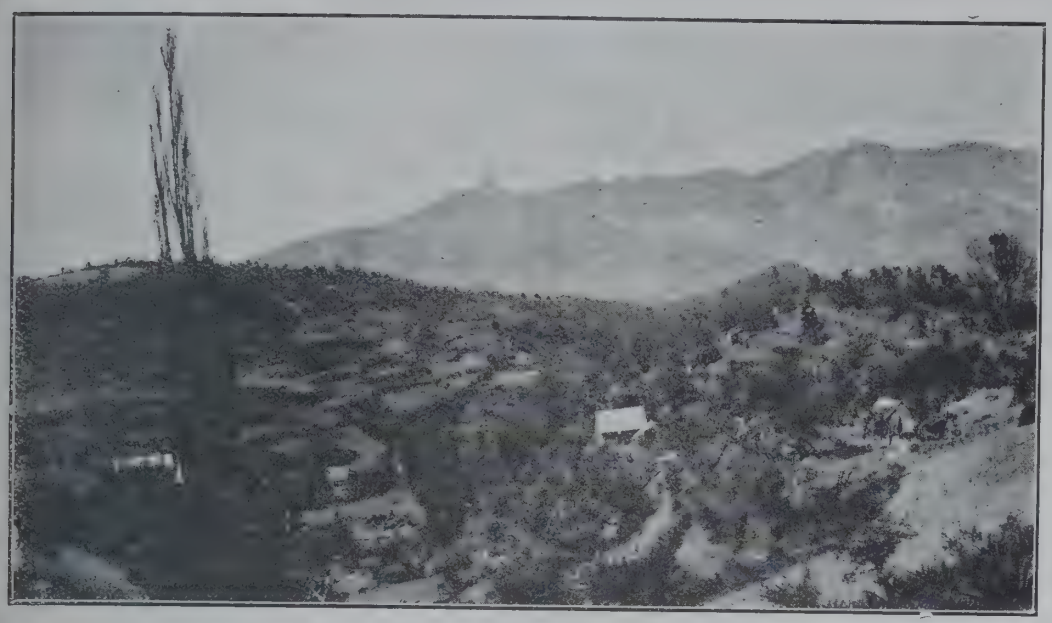
Calizas compactas, en gruesos bancos, fosilíferas (con rudistas, ostreas y nerineas), pertenecientes también al cretácico medio, forman los cerros de los alrededores de El Cardonal y Cuxmayé, que limitan al valle de Ixmiquilpan por el NE., y estas mismas rocas forman los cerros del NW. del valle de Actopan, como son los de Las Pilas, Presa, Huadrí, Maguey Blanco y San Miguel de la Cal. En los alrededores del rancho de la Presa tienen las capas de caliza un rumbo variable entre 40° y 60° NE. y un echado comprendido entre 20° y 35° al SE.; en el cerro de Huadrí su rumbo medio es de 55° NW., con echado al NE.; en el cerro de Cuxmayé, que presenta en su cima una amplia meseta, las capas de caliza no contienen fósiles y sus rumbos y echados son los siguientes: en las cruces que se encuentran en la parte más alta del cerro 20° NW. de rumbo, con inclinación de 80° al SW.; en la falda septentrional 30° NW. a 65° NW., con echados, bien al SW. o bien al NE.; en la falda opuesta las calizas aparecen con una estratificación muy mal definida, que no permite apreciar su dirección exacta, pero que es en general de NW. a SE.

Los cerros Fraile, Blanco y los situados al E. del camino que va a la gruta de Tonaltongo, son también de calizas, las que contienen a veces algunos bancos sumamente fosilíferos con *rudistas* y *ostreas*. Los cerros de las minas, Buena Vista y Mineral constituyen un solo macizo calizo, que tiene

Fotografía número 87. Tolvas de la hacienda de cianuración de "Plan Grande." Mineral de "El Chico."

Fotografía número 88. Molinos de tubos de la hacienda de cianuración de "Plan Grande." Mineral de "El Chico."

L
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



Fotografía número 89. Mineral de Capula. En el fondo "Los órganos de Actopan."

Fotografía número 90. Nacimiento de la cañada del Potosí. Mineral de Capula.

OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

la forma de un gran anticlinal, en las grietas de cuyo eje fracturado, se alojan los criaderos de plomo que se explotan en el Mineral de El Cardonal, estando el eje de este anticlinal poco desviado de las principales crestas de los cerros. Las capas que se encuentran en este macizo y barrancas de sus alrededores, tienen los siguientes rumbos y echados:

Siguiendo el camino que va de El Cardonal al puerto que se forma entre los cerros de Las Minas y Buenavista:

Rumbos	Echados
2° NW.	30° al SW.
10° NW.	29° al SW.
21° NE.	40° al NW.
5° NE.	32° al NW.
5° NW.	40° al SW.
62° NW.	50° al SW.
45° NW.	34° al NE.
33° NW.	32° al NE.
55° NW.	42° al NE.
45° NW.	20° al NE.

Cerca de los terreros de las minas de San Pedro y San Antonio

44° NW.	33° al NE.
47° NW.	45° al NE.

En este lugar los bancos de caliza tienen espesores variables entre 0.68 m. y 1.15 m., y se encuentran atravesados por fracturas de una dirección media de 65° NE., con fuertes inclinaciones, dominantes al SE.

En los alrededores de la mina La Derrumbada, los bancos calizos tienen rumbos comprendidos entre 5° y 54° NW., con echado siempre al NE., variable entre 40° y 79°, siendo su espesor de 0.25 m. a 9.60 m. y las fracturas que los cortan de 60° NE. de rumbo y 85° de inclinación al SE. En la cima del cerro de Buena Vista tienen los siguientes rumbos: 3°, 45° y 50° NW. SE., con inclinación también al SE.

En la falda oriental del cerro de Las Minas, en el camino de bajada para la fundición de Chalmita, la dirección general de las capas es también de NW. a SE., con rumbos variables entre 28 y 85°, siendo el echado dominante hacia el NW. En la barranca de Chalmita se encuentran muy bien marcadas, tanto las capas de pizarras arcillosas como la de las calizas que sobre ellas descansan y su rumbo general es asimismo de NW. a SE., con echado también dominante hacia el NW. y variable entre 20° y 83°. Todos estos rumbos y echados de las capas se han marcado con su correspondiente signo en el plano geológico del Distrito de El Cardonal (lámina 17) que acompaña a este estudio.

El cerro de Shajái, que forma el límite de la barranca de Pechuga, hacia el W. del Mineral de Bonanza, está constituído por calizas, cuyos estratos están orientados de NW. a SE., con echado al SW.; tiene este cerro el aspecto de una larga y afilada cresta (Fotografía núm. 150), pero corresponde en realidad al borde del flanco de un anticlinal fracturado, cuyo flanco opuesto se ha hundido, dando lugar así a que se forme una cuenca alargada, en cuyo fondo corre el río de Pechuga; la estratificación de las calizas se distingue claramente desde Bonanza. Estas mismas calizas continúan hacia el N. y en el tramo del camino comprendido entre los parajes llamados La Ortiga, La Cueva y Los Alamos, aparecen sumamente plegadas, trastornadas y fracturadas, revelando que la comarca de los alrededores estuvo en otro tiempo sujeta a intensos movimientos orogénicos, que produjeron los

pronunciados pliegues y accidentes tectónicos que se observan en la barranca de El Salitre y cerros circunvecinos. En el citado tramo las calizas tienen los siguientes rumbos y echados:

A la subida del camino de La Ortiga, 45° NW. con 77° de echado al NE.; en los alrededores de La Ortiga existen capas de yeso que descansan sobre los bancos de caliza, los que ahí tienen los rumbos siguientes:

20° NW.	con	echado	de	.....	50° al NE.
58° NW.	„	„	„	.....	63° al SW.
45° NW.	„	„	„	.....	45° al SW.
48° NW.	„	„	„	.....	51° al SW.

En el paraje de La Cueva, las calizas se presentan con una estratificación muy bien definida, con 14° NW. de rumbo e inclinación al SW. de 39°, y en el lecho de la barranca de Los Alamos se presentan en capas delgadas que alternan con margas o areniscas de grano fino, siendo allí su rumbo medio de 47° NW., con inclinación de 50° al SW.

En el Distrito de Zimapán dominan las calizas plegadas, estando los ejes de los pliegues orientados de NW. a SE.

Damos a continuación los valores numéricos de rumbo y echado de las capas. En el camino que va para la mina de San Francisco, en la falda E. del cerro de Caravantes, 33° NW. y 44° NW., con echados al SW. y NE. de 35° y 30° respectivamente; en el puerto de San Miguel se encuentran alternando con pizarras arcillosas (60° de rumbo al NW. y echado al SW. de 47°) y siguen después calizas en gruesos bancos hasta de 90 cm. de espesor, que hacen sumamente fatigosa la marcha de los caballos; continúan estas calizas hasta la mina de San Francisco, en cuyo patio, situado en la ladera izquierda de la barranca del mismo nombre, aparecen con 30° a 36° NW. de rumbo y fuertes inclinaciones, unas veces al NE. y otras al SW.

En el camino para las minas de Rosario, Dolores y La Concordia, los rumbos y echados son como sigue: al salir de Zimapán, 33° NW., echado al NE. de 22°, en la falda occidental del cerro de Caravantes.

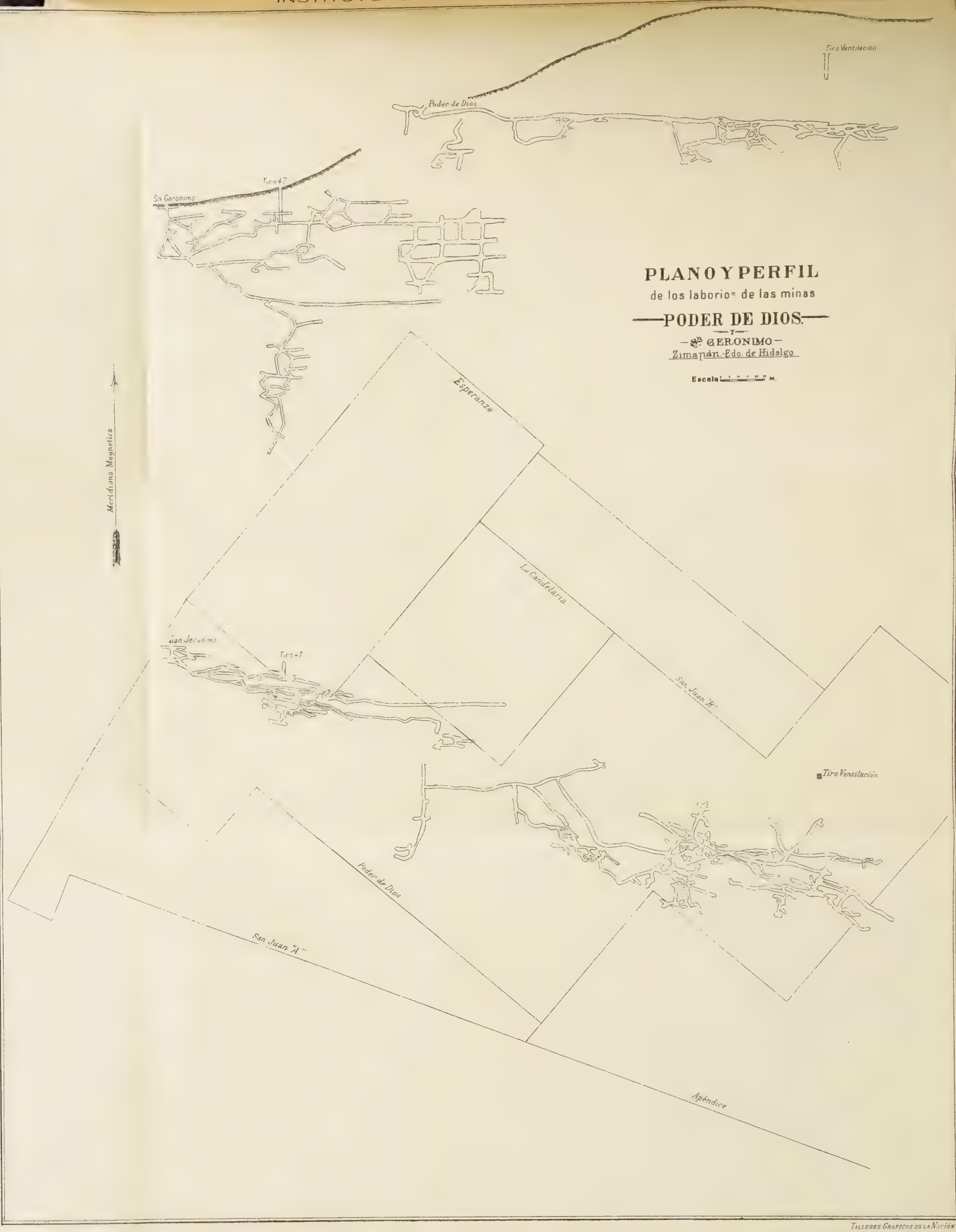
31° NW.	con	echado	al NE.	de.....	50°
29° NW.	„	„	„ NE.	„	14°
41° NW.	„	„	„ SW.	„	30°
59° NW.	„	„	„ SW.	„	43°

Cerca del puerto Colorado, 32° a 60° NW., con inclinaciones, bien al SW., bien al NE.; en el puerto del Atole alternan con pizarras arcillosas rojizas y tienen 42° NW., de rumbo, con fuertes inclinaciones o casi verticales; siguen después las pizarras arcillosas en este mismo puerto y en el del Jarro, hasta que comienza la bajada en calizas para las minas citadas, donde conservan su rumbo general de NW. a SE., y se encuentran atravesadas por masas y diques de rocas ígneas.

En la ladera E. del cerro de Juashidó, y algunos de sus principales picos, los rumbos de las calizas, que se presentan allí en gruesos bancos fracturados, varían (véase el croquis geológico, lámina 22) entre 39° y 50° NW., con echados dominantes al NE., comprendidos entre 25° y 85°.

En el camino de Zimapán a la mina de Lomo de Toro, las calizas están muy plegadas en pliegues acostados (fot. núm. 163); después de pasar Detzaní tienen rumbos E-W. y 85° NW., con echados al S. y SW., después en la bajada del puerto del Bofaí, hacia la barranca de Dedó, aparecen en lecho de 10 a 15 cm. de espesor y alternando con pizarras negras arcillosas, pero más adelante, siguiendo por el camino, el grueso de los bancos aumenta y en el lecho de la

Talleres Graficos de la Nación



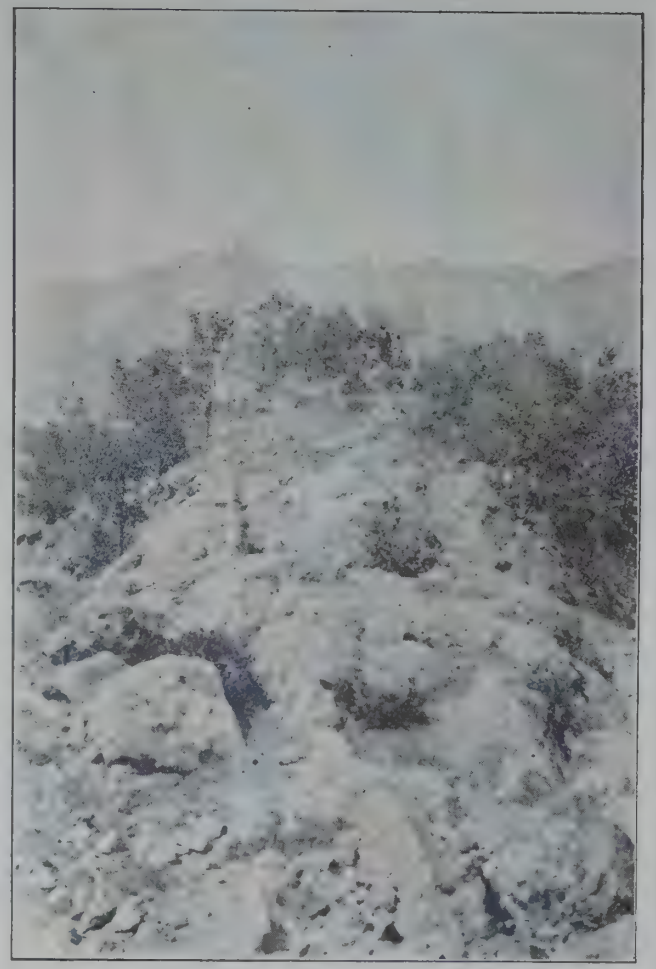
Talleres Graficos de la Nación

Fotografía número 91. Riolitas rodadas al pie de "Las Monjas," cerca del pueblo de "El Puente." Camino del Mineral de "El Chico" al Mineral de "Capula."

Fotografía número 92. Crestón de la veta de Capula (Arévalo), en las cercanías del tiro de "La Bomba." Mineral de "Capula."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Fotografía número 93. Socavón de "El Cristo," de la mina de Capula, Mineral de Capula.



Fotografía número 94. Crestón de la veta de Capula ("Arévalo"). Mineral de Capula.

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

barranca de Dedó, llamada también de La Chiripa o Malacate, en el punto donde la corta el camino, tienen un rumbo de 45° NW., con inclinación de 26° al SW., al bajar del puerto de Pared Blanca, un poco antes de llegar a la mina de Lomo de Toro, las capas de calizas y pizarras arcillosas están muy bien definidas en el borde del camino, siendo su rumbo medio de 30° NW., con inclinación dominante al SW., de 53°. En la antigua boca de la mencionada mina, las calizas están plegadas en la forma que muestra la fotografía número 171, estando los ejes de los pliegues también orientados de NW. a SE., y contenidos entre ellos los depósitos plumbíferos que se han explotado en la zona de oxidación de estos criaderos, y un poco más arriba, el gran hueco conocido con el nombre de Comido del Claro, que corresponde al hueco que quedó después del disfrute de una gran bolsa de mineral (véase la proyección vertical en el plano de esta mina, lámina 26).

En el camino de Zimapán a La Encarnación se presenta un manchón de calizas en los alrededores del pueblo de San Pedro, con 10° NW., de rumbo y echado al NE. de 64°; después aparecen de nuevo en los alrededores de Las Majadas, en lechos delgados verticales, con 65° NW. de rumbo y más adelante con 68° NW., de rumbo y echado de 80° al SW.; en el lecho de la cañada de San José del Oro contienen pedernal entre los estratos, y sus rumbos varían de 54° NW., a 73° NW., con echados al SW., comprendidos entre 60° y 75°.

Algunos otros rumbos de la capas de calizas, no mencionados aquí, se han marcado con su signo respectivo en el croquis geológico general y en el del Mineral de Zimapán, debiendo advertirse que tanto en uno como en otro croquis, no se ha hecho la limitación de las formaciones sedimentarias pertenecientes a las divisiones del cretácico (medio y superior), porque esto requiere estudios estratigráficos y paleontológicos, que no pudieron emprenderse en una excursión de la índole de la presente, que tuvo el carácter de un reconocimiento general geológico minero de la zona recorrida, y que debe servir de base a estudios futuros más detallados. Puede decirse, sin embargo, que la mayor parte de las pizarras arcillosas y calizas en gruesos bancos con nódulos de pedernal en sus estratos, pertenecen al cretácico medio (algunos identificables por sus fósiles), siendo solamente del cretácico superior varias de las formaciones sedimentarias que se presentan descansando sobre las anteriores en la sierra de Juárez y en algunos de los cerros calizos, que limitan el borde Sur del valle de Ixmiquilpan.

DEPOSITOS TERCIARIOS, CUATERNARIOS Y RECIENTES

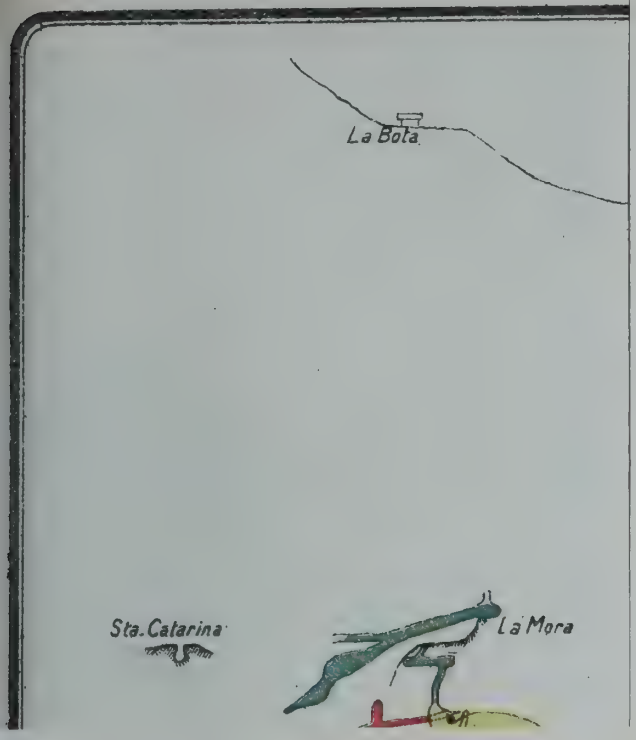
No existen depósitos sedimentarios terciarios de origen marino: son todos, de origen lacustre o fluvial, que en muchos casos es difícil separar, en el sentido estratigráfico, de los depósitos cuaternarios y recientes y aun de las mismas rocas eruptivas clásticas o de los macizos que se presentan en corrientes, pues éstas hacen en algunos sitios el papel de una capa, como sucede en las corrientes de la masa basáltica de Atotonilco el Grande, donde alternan con capas de brechas o tobas, que suelen ser, como hemos dicho ya, fosilíferas, como por ejemplo en algunos lugares situados al N. del borde de la mesa, en los cuales se presentan en estas brechas, restos de huesos fósiles de diversas especies de *Equus*. Por estas dificultades de separación precisa hemos incluído en este párrafo los depósitos terciarios, cuaternarios y recientes y hemos limitado con un solo signo esta clase de formaciones sedimen-

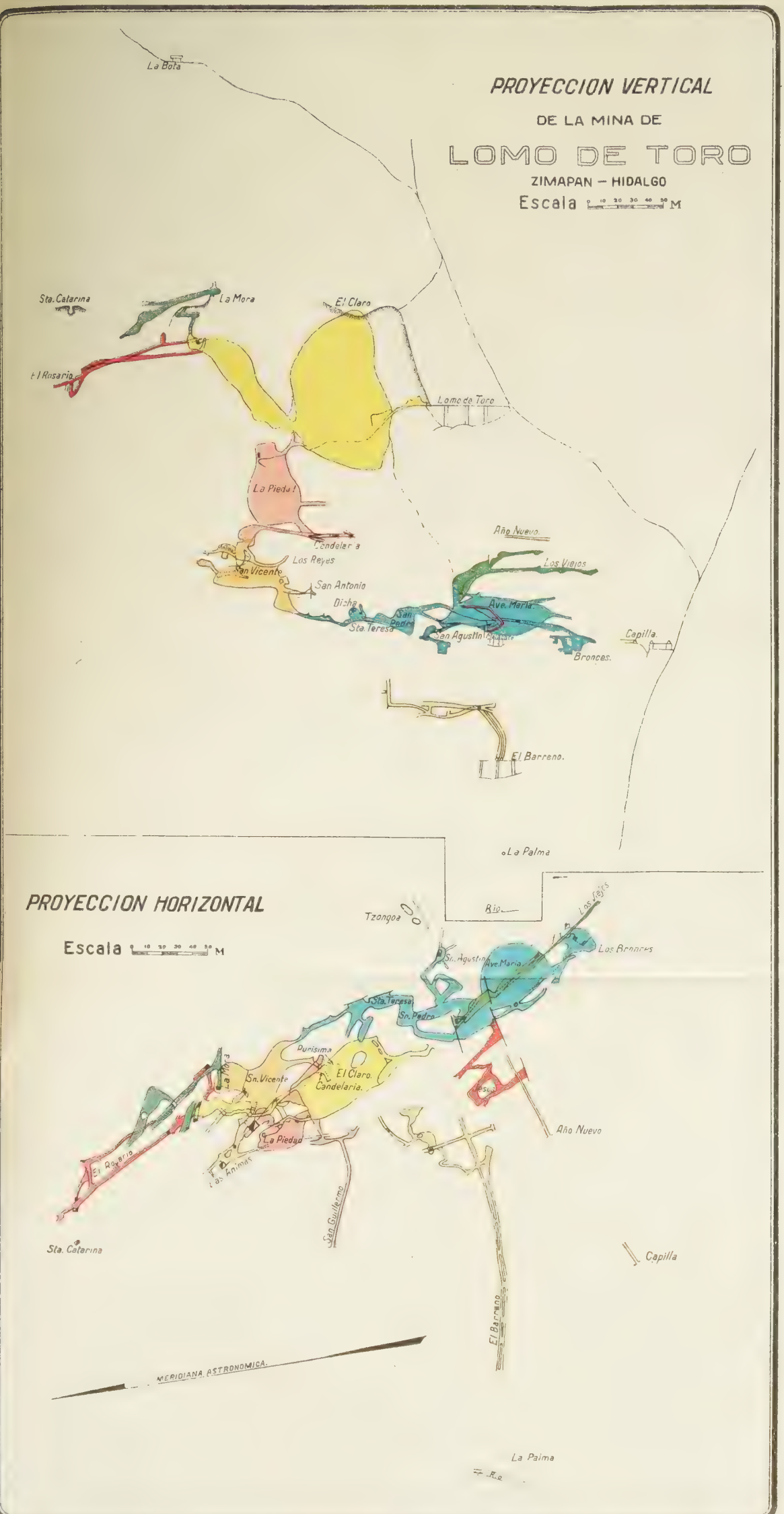
tarias en el croquis geológico general de la zona (lámina 1), distinguiendo tan sólo con algunos signos adicionales los diversos materiales constitutivos de algunos de los estratos más notables, terciarios, que se encuentran en ella, como son las brechas calizas y el "conglomerado rojo" que existen en los alrededores del Mineral de Zimapán.

Los depósitos terciarios que aparecen al W. de Atotonilco el Grande, han sido descritos por el Dr. E. Wittich (1) como constituídos por cantos rodados de andesita, que se presenta alternando con lechos bien estratificados de arenas de diversos granos; descansando, según el citado autor, sobre calizas del cretácico medio (del Cenomaniano). Pueden referirse, según él, al Mioceno. En la parte superior de estas formaciones, dice que se presentan capas de barros arenosos que pasan insensiblemente a barros margosos, los cuales alternan con estratos de arenas de grano grueso que contienen fragmentos de piedra pómez, en los cuales estratos se encuentran restos fósiles de mamíferos del Plioceno.

Depósitos terciarios lacustres, en algunos de los cuales se han encontrado también restos de mamíferos, son los que rellenan las cuencas de los valles de Actopan e Ixmiquilpan, presentando una constitución y disposición general análoga a las del valle de México. En el valle de Actopan están formados por margas más o menos arcillosas, tobas pomosas de diferentes colores y diferentes tamaños en su grano, las que a veces alternan con arenas, encontrándose sus capas en posición horizontal; en la esquina NE. del valle, reconocida por nosotros, se emprendieron posteriormente a nuestra visita algunas perforaciones en busca de agua subterránea, por las que puede juzgarse de la constitución, espesor y disposición de algunos de estos depósitos, que se encuentran allí cubiertos, bien por las formaciones cuaternarias, o por las corrientes basálticas, que se presentan en la falda poniente de la sierra que va de Los Organos de Actopan a los cerros de los alrededores del Mineral de Las Plomosas. Los resultados obtenidos con una de las perforaciones más profundas que se hizo en la plaza de la población de Actopan, hasta 77 metros debajo de la superficie, fueron los siguientes:

(1) Contribuciones a la geología de Atotonilco el Grande, por el doctor E. Wittich. Mem. Soc. Antonio Alzate, Tomo 38, pág. 351.

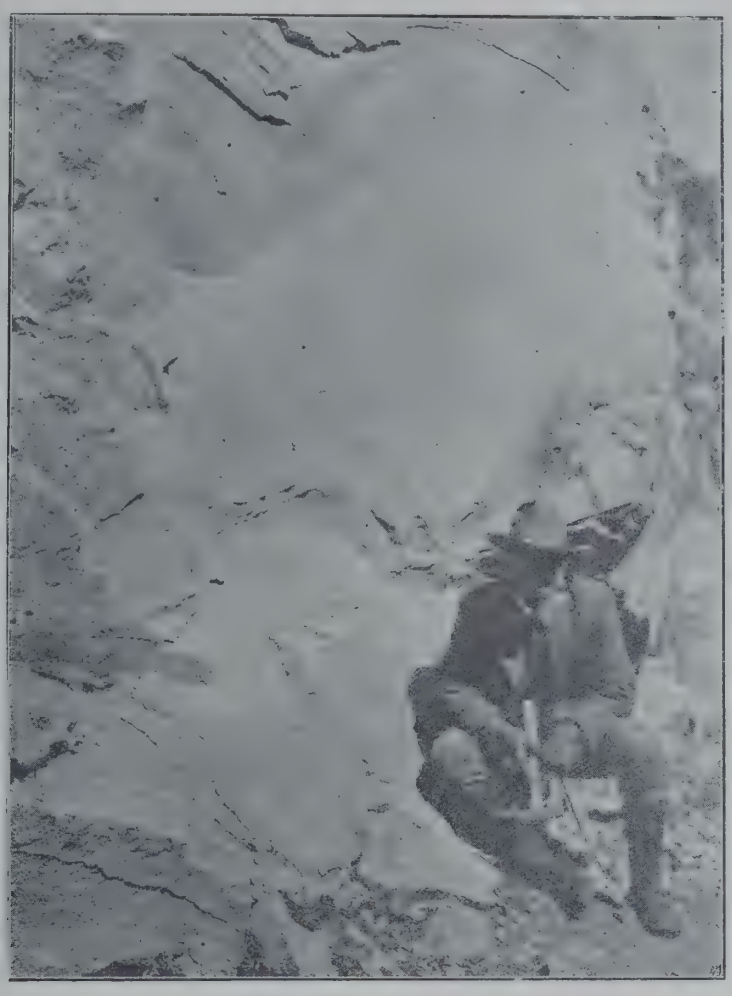

La Bota
Sta. Catarina
La Mora


PROYECCION VERTICAL
DE LA MINA DE
LOMO DE TORO
ZIMAPAN – HIDALGO
Escala 0 10 20 30 40 50 M
La Bota
Sta. Catarina
La Mora
El Claro
El Rosario
Lomo de Toro
La Piedad
Candelaria
Año Nuevo
Los Reyes
Los Viejos
San Vicente
San Antonio
Dicha
Ave. María
San Pedro
Sta. Teresa
San Agustin
Capilla
Bronces
El Barreno
PROYECCION HORIZONTAL
Escala 0 10 20 30 40 50 M
La Palma
Tzongoa
Río
Los Viejos
Los Bronces
Sn. Agustin
Ave. María
Sta. Teresa
Sn. Pedro
Purísima
Sn. Vicente
El Claro
Candelaria
La Piedad
Las Animas
El Rosario
San Guillermo
Sta. Catarina
Capilla
El Barreno
MERIDIANA ASTRONOMICA.
La Palma

Fotografía número 95. Crestón de la veta Capula (Arévalo), y dique riolítico, cerca del socavón de "San José," de la mina "San Eugenio." Mineral de Capula.

Fotografía número 96. Continuación del crestón y dique anteriores, en la barranca de "Los Ailes," Mineral de Capula.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



Fotografía número 97. Andesita verde porfirítica, en el camino de Pachuca a la mina de "La Cruz." Mineral de Santa Rosa.

Fotografía número 98. Agujas de "Los Organos," Actopan.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

PERFORACION HECHA EN LA PLAZA DE LA POBLACION DE ACTOPAN (2,000 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR)

Número de la muestra	Espesor de la capa	NATURALEZA DE LA CAPA	Profundidad
1	3.00 mts.	Arcillas con tallos y raíces de plantas.....	3.00 mts.
2	7.00 „	Basalto negro poroso.....	10.00 „
3	14.00 „	Arcilla	24.00 „
4	5.00 „	Basalto.....	29.00 „
5	20.00 „	Arcilla algo margosa	49.00 „
6	12.00 „	Arcilla con algún material de acarreo y piedra pómez.....	61.00 „
7	7.00 „	Basalto	68.00 „
8	* 9.00 „	Arena volcánica con basalto.....	77.00 „

* Esta cifra no corresponde al espesor de la capa, sino al fondo de la perforación, en la cual comenzó a presentarse arena volcánica en abundancia.

Como se ve por los anteriores datos, los sedimentos alternan en este lugar con corrientes de basalto, cuyo espesor varía entre 5 y 7 metros, y parece que después de la profundidad alcanzada, comienza a aparecer una capa gruesa de arena volcánica (1).

En el valle de Ixmiquilpan los depósitos sedimentarios son de constitución semejante, con la diferencia solamente de que en algunos lugares alternan con bancos de caolín, hasta 1.50 m. de espesor, cuya pureza podría justificar su explotación. Estos depósitos se describen, fijando sus respectivos espesores y su orden de sucesión, en el estudio hidrológico de dicho valle a que hemos hecho anteriormente referencia (2) y se les considera como de fines del terciario y principios del cuaternario, es decir, como plioceno pleistocenos y se señala entre sus lechos la presencia de mamíferos de los géneros *Mastodon* y *Equus,* en el camino que va de Ixmiquilpan a Alfajayucan, en una excavación hecha al E. de la mesa de La Cantera.

Las brechas calizas que existen en los alrededores del mineral de Zimapán descansan directamente sobre las calizas cretácicas y aparecen como girones dejados por la erosión en la cima del cerrito de Nampuí, en la falda occidental del cerro del Juashidó y en la cresta de la cordillera que limita al W. la barranca de Tolimán en los siguientes lugares: puerto de La Sávila, cerros del Mezquite, Majada Chica y Majada Grande, y puerto y cerro de Santa Elena (al W.) y forman también el cerro de El Morro, donde se presentan bien estratificadas. Estas brechas son notables por la naturaleza de los fragmentos que las constituyen, que son sumamente angulosos, indicando así que el camino recorrido por estos fragmentos, desde los sitios de rocas calizas de donde

(1) Los datos relativos a mayores profundidades en la perforación, se darán a conocer en el estudio hidrológico especial, que de esa región se está haciendo.

(2) Parergones del Instituto Geológico de México, tomo III, número 3, página 152.

fueron tomados, hasta el lugar de su depósito, fué muy corto, demostrando, por consiguiente, el carácter sumamente local de estos depósitos, siendo notables también estas brechas por no contener entre sus fragmentos constituyentes ningún pedazo de roca eruptiva, sino ser éstos exclusivamente cantos calizos, lo que parece probar, que estos depósitos se formaron antes del "conglomerado rojo," que sí contiene fragmentos de rocas eruptivas, cementados por un material arcilloso. Como acabamos de decir, las brechas calizas se presentan en algunos lugares en formaciones bien estratificadas, pero no se nota en ningún caso una clasificación ordenada por tamaños en los fragmentos que las constituyen, sino que se observa al contrario cierto desorden, de tal manera que al lado de un fragmento de regular tamaño se encuentran otros de pequeñas dimensiones, como si la sedimentación no se hubiera realizado en aguas tranquilas, sino en aguas corrientes o agitadas. Estas mismas brechas calizas aparecen en el borde oriental del valle de Zimapán en los alrededores del puerto del Tomate, donde ocupan una extensión superficial algo mayor.

El "conglomerado rojo" se presenta en el lecho de un arroyo afluente de la barranca de Tolimán, al S. y SE. de la población de Zimapán y en Barranca Seca, al W. del cerro de Nampuí. Este conglomerado, formado, como hemos dicho, por fragmentos de rocas eruptivas, contiene muchos pedazos de andesita, cementados por un material arcillo-ferruginoso y es de una naturaleza enteramente igual a las formaciones que se encuentran en la Cañada de Marfil y población de Guanajuato, en Zacatecas y en otros muchos puntos de la República, que fueron en otro tiempo fondos de lagos terciarios, cuyos depósitos han sido referidos por el señor don José G. Aguilera, al Plioceno.

Los depósitos cuaternarios y recientes están representados por arcillas, tobas pomosas, arenas y tobas calizas de depósito químico. Estas últimas se encuentran con frecuencia en el camino carretero que va de Pachuca al Mineral de Santa Rosa, descubiertas por las pequeñas barrancas que bajan de la sierra de Pachuca y en la esquina NE. del valle de Actopan, recorrida por nosotros. Los depósitos recientes se encuentran, como hemos dicho antes, ocupando la parte superior de los valles extensos, donde forman suelos agrícolas de acarreo, que, convenientemente irrigados, serían bastante fértiles; en otros lugares forman suelos autóctonos, que descansan sobre las diferentes rocas de cuya alteración provienen.

ESTRUCTURA Y TECTONICA DE LA REGION

La estructura geológica de la zona explorada corresponde, en su extremidad Norte-Poniente, a la de una región sumamente rugosa, constituída por formaciones sedimentarias pertenecientes al cretácico medio, cuyos estratos están muy plegadas o fracturados y, en ciertos lugares, dislocados o destruídos parcialmente por la erosión; en su extremidad Sur-Este, a la de un gran macizo eruptivo, formado en su mayor parte por rocas ígneas terciarias que han atravesado o cubren a las formaciones sedimentarias cretácicas; y en su parte media, a la de una porción plana, en la cual existen, separados entre sí por macizos eruptivos o cretácicos (del cretácico medio y superior), amplios valles en los cuales se han acumulado depósitos terciarios lacustres o depósitos cuaternarios de acarreo o formaciones recientes, las cuales han sido, algunas veces, transportadas y otras han quedado en el mismo lugar en que se han originado.

Esta estructura geológica corresponde pues, por una parte, a la bien conocida de la Sierra Madre Oriental y, por la otra, a la de la Mesa Central

Fotografía número 99. Río de la Yerba Buena y casa de la Negociación Minera de La Cruz, Mineral de Santa Rosa.

Fotografía número 100. Mina de La Cruz, Mineral de Santa Rosa.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Fotografía número 101. Una porción del valle de Actopan, vista desde el cerro de Tijuai, hacia el SE.

Fotografía número 102. Pozo de Santa Mónica. Valle de Actopan.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Mexicana, de la cual forman parte los dos valles de Actopan y de Ixmiquilpan, pudiendo considerarse, por lo tanto, caracterizada dicha estructura por la presencia de un gran complexus cretácico, cuyos accidentes constituyen las sierras calcáreas más importantes de la región, complexus que sirve de zócalo o basamento a una serie de erupciones sucesivas de rocas ígneas, que en ciertos lugares descansan directamente sobre este zócalo y, en otros, lo atraviesan, afectando aspectos morfológicos muy variados, como son: diques, mesas irregulares aisladas, inyecciones entre los estratos, gruesas corrientes lávicas o corrientes muy delgadas, que alternan con materiales detríticos volcánicos. Las rocas ígneas, intrusivas o efusivas, sobre todo estas últimas, acompañadas las más veces de sus brechas y tobas, han constituído a su vez macizos montañosos de más o menos importancia.

Los movimientos orogénicos generales, que comenzaron a verificarse en nuestro país desde fines del período cretácico, originaron en esta región del Estado de Hidalgo esfuerzos tangenciales de una dirección general de SW. a NE., cuyos esfuerzos produjeron pliegues en las formaciones sedimentarias dominantes en la región. Siendo las pizarras arcillosas, margas y calizas margosas y particularmente las pizarras arcillosas, mucho más plásticas que las calizas, aquellas rocas se prestaron más fácilmente que estas últimas al plegamiento y fueron plegadas en pliegues numerosos y pequeños, en tanto que en las calizas, más rígidas, se formaron pliegues más amplios y menos numerosos o fueron fracturadas cuando el esfuerzo tangencial sobrepasó su límite de resistencia o, en ciertos lugares, más o menos dislocadas al continuar la acción de estos esfuerzos.

En la extremidad NW. de la zona, los ejes de los pliegues conservan una orientación muy constante de NW. a SE., como lo hemos dicho al ocuparnos de esas formaciones sedimentarias, siendo esta misma orientación la de muchas de las capas levantadas. La inclinación de los flancos de los pliegues, que es unas veces al NE. y otras veces al SW., varía generalmente de 20° a 55°, aunque algunas veces suele sobrepasar a estas cifras hasta llegar a ser verticales o inclinados fuertemente en el mismo sentido, llegando entonces a constituir pliegues acostados recumbentes o muy complicados (fotografías núms. 163, 164, 165 y 166). La forma especial y actitud de algunos de estos pliegues, como veremos más adelante, parecen haber tenido cierta influencia en la génesis de algunos criaderos metalíferos de esta parte de la zona y señalaremos aquí entre los pliegues más notables los siguientes: el anticlinal que constituye el cerro del Juashidó, en cuyo flanco oriental las capas calizas, orientadas de NW. a SE., tienen inclinaciones al NE., comprendidas entre 25° y 85°, y en su flanco occidental, echado hacia el SW., y una orientación semejante, continuando hacia el W. de este cerro las capas estratificadas con esa misma inclinación; el sinclinal de la barranca de San Miguel, situado entre el cerro del Juashidó y los cerros Boludo, Dos Caminos y Ventolera, cuyo flanco del E. forma parte de otro pliegue anticlinal, que origina las crestas y cerros que se recorren para ir a las minas de Zimapán llamadas del Panino del Monte. La arquitectura de los macizos que forman los cerros constituídos por estratos cretácicos de los cerros de Cushmayé, Mineral, Buenavista y las Minas, corresponde también a un gran pliegue anticlinal. En realidad, los tres cerros citados al último, forman un solo macizo en el que claramente se nota dicha estructura (véase el plano geológico respectivo, lamina 17), macizo que está casi aislado en la planicie, pues por un lado mueren las pendientes de su falda occidental en la llanura del valle de Ixmiquilpan, y por el otro, las de su falda oriental

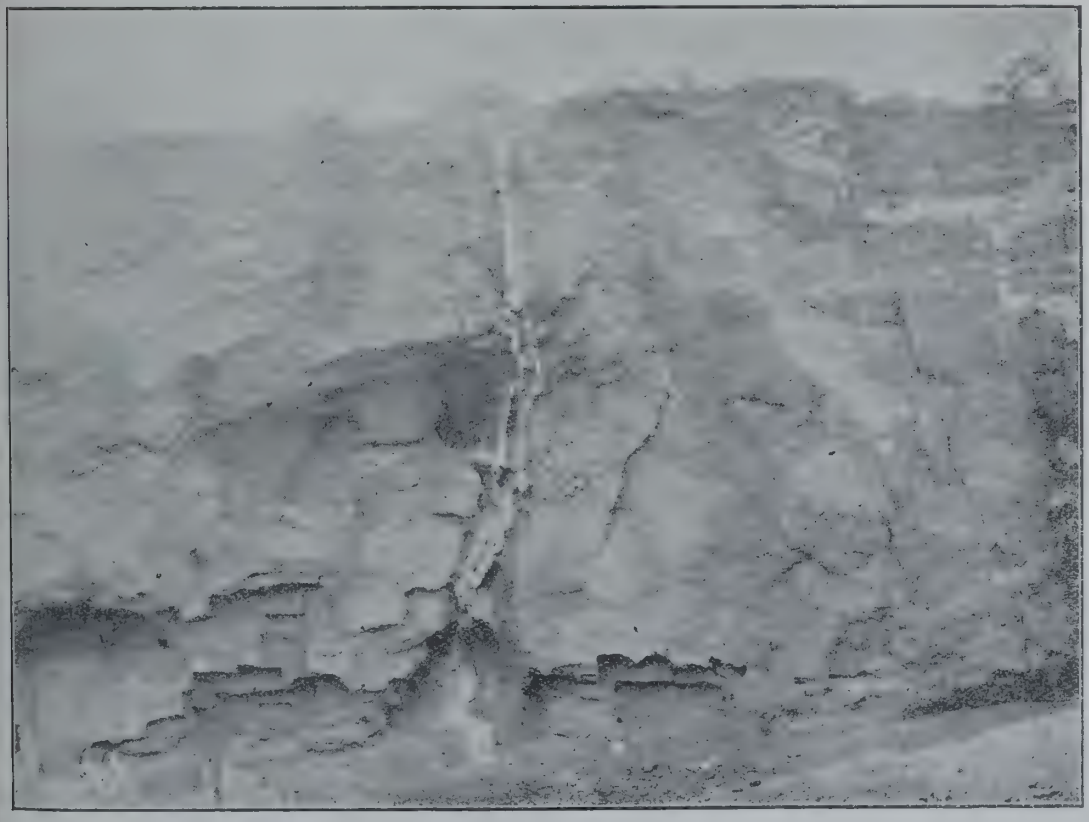
opuesta se pierden en el valle de San Miguel, cuyo drenaje se hace, como lo hemos dicho ya, hacia la cuenca hidrográfica del río Amajac. En el eje fracturado de este gran anticlinal es donde se alojan los criaderos plumbíferos del Distrito de El Cardonal, que desde hace tiempo se explotan y a los cuales más adelante tendremos oportunidad de referirnos especialmente, haciendo notar aquí solamente que dicho eje no coincide con las crestas de los cerros citados, sino que se desvía ligeramente hacia uno y otro lado.

En la extremidad meridional de la zona, en la pequeña fracción cretácica que se encuentra situada hacia el Norte del Mineral de El Chico, los estratos están también plegados, pero los ejes de los pliegues no afectan ya un orientación general de NW. a SE., tan constante como se observa en la extremidad septentrional, cambiando a veces su orientación hasta ser de NE. a SW., y estando en lo general mal definida, pues en esta porción de la zona los estratos aparecen en algunos lugares sumamente trastornados y dislocados, como por ejemplo en la barranca de La Cueva, que se encuentra situada cerca del contacto de las formaciones cretácicas y las rocas ígneas de la sierra de Pachuca, barranca que parece corresponder a una gran fractura en las calizas, orientada casi de E. a W., y en el tramo del lecho del río Amajac comprendido entre los cerros de El Petate, Cinco Palmas, Peña Goteada y Mesa de Doña Ana, donde se observan accidentes que definen un anticlinal descabezado, al que nos hemos referido al tratar de las calizas de la región, cuyos flancos tienen una dirección media de 45° NE.

Accidentes tectónicos semejantes, se presentan en la cañada que va de Pechuga a Bonanza, y en algunas porciones del lecho de la barranca de Tolimán en el Distrito de Zimapán. Hemos dicho ya que el cerro de Shajái, que forma el límite de la barranca de Pechuga hacia el E. del Mineral de Bonanza, está constituído por calizas cuyos estratos orientados de NW. a SE., tienen una inclinación de SW., y que dicho cerro corresponde al flanco de un anticlinal fracturado cuyo lado opuesto se ha hundido, dando lugar así a una cuenca alargada, en cuyo fondo corre el río de Pechuga, y en ciertos tramos de la barranca de Tolimán se nota la coincidencia del lecho con fracturas o dislocaciones, entre las cuales citaremos la llamada de El Cajón (fotografía núm. 169), que se encuentra al W. de socavón de San Guillermo de la mina de Lomo de Toro. En el camino de Bonanza a Zimapán comienzan a presentarse los pliegues en las calizas de este Distrito con su orientación general de NW. a SE., y en la porción de la zona comprendida entre este camino y el de Zimapán a La Encarnación los pliegues son muy frecuentes, abarcando extensiones superficiales muy considerables, que dan idea, por su gran número y complicación, de la intensidad de los esfuerzos orogénicos que plegaron, trastornaron y dislocaron a los estratos de las formaciones del cretácico medio, que se encuentran en esta extremidad de la zona.

Estos esfuerzos que, como hemos dicho, se iniciaron en esta porción del país, a fines de la era mesozoica, se continuaron después, aunque probablemente con menos intensidad y afectaron a las rocas ígneas terciarias, que atraviesan o descansan sobre los referidos estratos, produciendo, como fácilmente se comprende, efectos muy diferentes sobre ellas, pues siendo estas rocas ígneas rígidas ya no fueron plegadas sino fracturadas, ariginándose sólo excepcionalmente pliegues muy locales en las rocas volcánicas clásticas estratificadas, como se observa en las capas de las brechas andesíticas que se encuentran cortadas por el camino de herradura que va de Pachuca al Mineral de El Chico, en un paraje que se encuentra un poco antes de la presa de Jaramillo.

Fotografía número 103. Manantial de agua fría, de la barranca de Santiago. Alrededores de Actopan.



Fotografía número 104. Explotaciones de basalto "tezontle" en la cantera de "Dos Cerritos." Alrededores de Actopan.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Fotografía número 105. Dique basáltico que atraviesa al "tezontle" de "Dos Cerritos." Alrededores de Actopan.

Fotografía número 106. Girón de basalto dejado por la erosión sobre los depósitos lacustres del valle de Actopan. Alrededores de la hacienda de La Estancia.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Los efectos mecánicos sobre las rocas ígneas se tradujeron por la producción de sistemas ortogonales de fracturas, orientadas sensiblemente de E. a W. y N. a S.; las primeras con echado dominante al S. y las segundas con inclinación, bien al E., o bien al W., en las cuales se encuentran contenidos la mayor parte de los criaderos minerales de los Distritos Mineros de Pachuca, Real del Monte y El Chico. En este último Distrito el sistema de fracturas es conjugado, es decir, está constituído por fracturas paralelas entre sí (de un rumbo medio de 75° NW.), pero con echados contrarios que varían entre 50° y 85°, unas veces al SW., y otras al NE., dominando este último echado en las fracturas que se encuentran hacia el N. de la gran fractura que sirve de caja a la veta de Arévalo. Muchas de las fracturas pertenecientes al sistema E.-W., que existen en la zona de El Chico, están mineralizadas, en tanto que las del sistema N.-S. no lo están; muchas de ellas coinciden con fallas, que han influído solamente en el relieve topográfico, dando lugar a varias de las barrancas más importantes de la región, como son las del Río Hondo, Milagro y Tetitlán. Varias de las fracturas del sistema E.-W. coinciden también con fallas, que son probablemente las más antiguas de la región, habiéndose producido en ellas resbalamientos de más o menos importancia, como los efectuados en la veta de Arévalo y fracturas que le son paralelas, resbalamientos que originaron la cuenca de hundimiento con fallas en escalón (véanse los perfiles geológicos de la lámina núm. 3, y la fatografía núm. 35), que formaron el vasto anfiteatro en el cual se asienta el Mineral de El Chico con su bien marcado drenaje hacia el río Amajac. Un anfiteatro semejante, aunque más pequeño, pero del mismo origen tectónico, se observa en el Mineral de Capula, con barrancas de dirección de S. a N., que coinciden con fallas y que hacen el drenaje también hacia el Amajac.

Estos esfuerzos orogénicos, posteriores a la época del plegamiento general de la región, se han repetido varias veces y han causado en las formaciones sedimentarias cretácicas, sistemas de fracturas orientadas E.-W., N.-S. y NE.-SW., como se observa en los Distritos Mineros de Bonanza, Pechuga y Zimapán y que son enteramente independientes de los primeros pliegues y fracturas efectuados según los ejes de estos pliegues, a las que nos hemos referido antes, y varias de las cuales han servido de caja a los diques de rocas ígneas ya estudiados o a los criaderos minerales de la zona, de los que nos ocuparemos en el capítulo correspondiente.

HISTORIA GEOLOGICA

La historia geológica de la región puede dividirse en dos partes: la relativa a las porciones montañosas de la zona, tanto calcáreas como eruptivas, y la que se refiere a los grandes valles bordeados por estos accidentes orográficos.

La historia geológica de las porciones montañosas calcáreas es semejante a la de la mayoría de las sierras calizas mexicanas constituídas por sedimentos que se depositaron en el seno de mares cretácicos, sedimentos que consolidados más tarde en los procedimientos ordinarios de diagénesis, emergieron varias veces de esos mares, inaugurando así en cada emersión períodos continentales de duración más o menos larga, después de los cuales se estableció al fin un período continental definitivo. La historia geológica de las sierras constituídas por rocas ígneas corresponde a la de la serie de erupciones volcánicas que de una manera tan activa se verificaron en el país durante el Terciario, generalmente bajo la forma de mesas y a través de grietas abiertas en

los depósitos sedimentarios cretácicos, bajo la acción de esfuerzos orogénicos. Estas erupciones principiaron en la zona con la aparición de las andesitas, probablemente en el Mioceno, y terminaron con el derrame de lavas basálticas que se verificó a principios del Cuaternario. En cuanto a la formación de los grandes valles y algunos de los secundarios que existen en la zona, puede decirse que comenzó a fines del Terciario al iniciarse el relleno de las extensas cuencas de erosión o de las fosas tectónicas, que se originaron en épocas anteriores, comenzando a depositarse desde entonces los primeros sedimentos lacustres que constituyen el fondo actual de dichos valles.

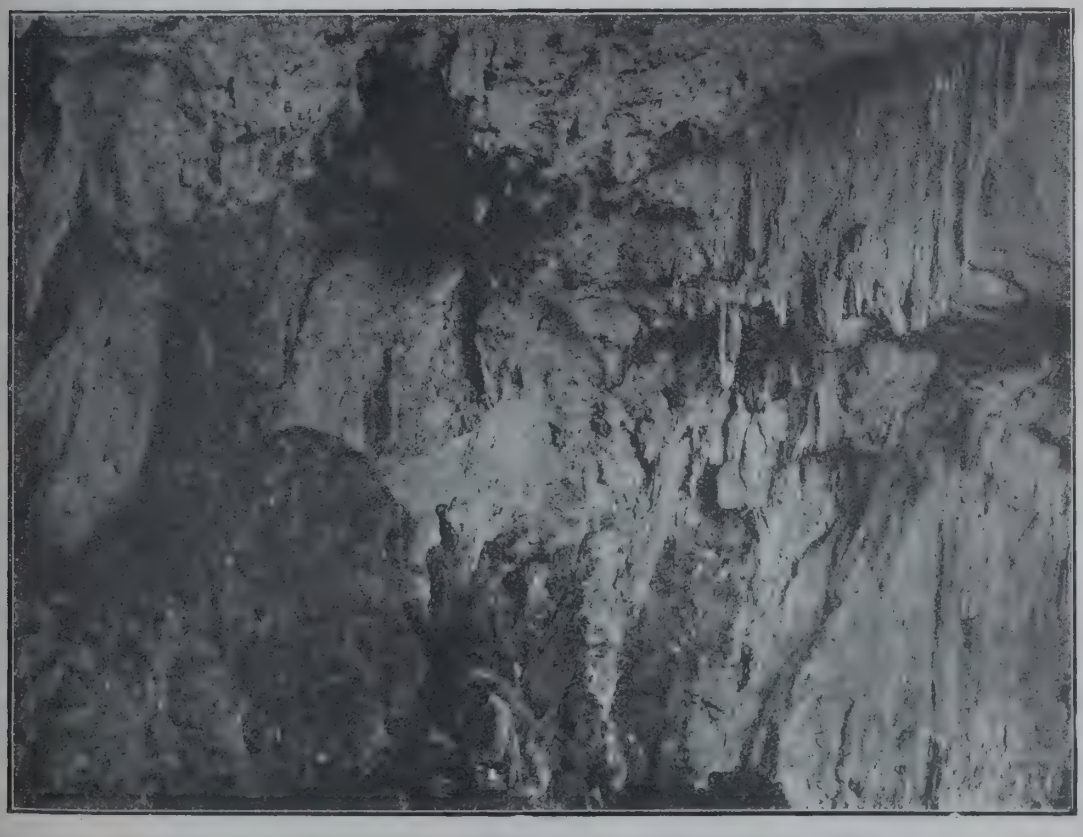
Aunque la historia geológica de la región es probablemente bastante complicada y, para reconstruirla con todos sus detalles, se necesitaría un topografía y geología minuciosas y estudios estratigráficos especiales, que no pueden verificarse en reconocimientos generales de la índole del presente, que abarcan zonas extensas, trataremos, sin embargo, de caracterizar sus rasgos principales.

La predominación en la zona de rocas sedimentarias pertenecientes al cretácico medio, que son las más antiguas que existen en ella, demuestra que durante ese período geológico la región estuvo sumergida en un mar que debe haber sido amplio, profundo y tranquilo, a juzgar por la gran extensión que ocupan estas formaciones sedimentarias en la zona y por la estructura de las rocas cretácicas que se encuentran en ella, las que están constituídas en su mayor parte por calizas de una pureza relativa, cuyos fósiles indican también aguas profundas y tranquilas. A estas aguas tranquilas deben haber llegado, con intervalos muy variables, corrientes más o menos impetuosas, que descargaban en ciertos lugares los materiales acarreados por ellas, dando así lugar a la formación de depósitos que constituyeron más tarde las pizarras arcillosas y areniscas que alternan con las calizas. El fondo de este mar estuvo sujeto a movimientos verticales alternativos, que provocaron levantamientos y hundimientos locales, hasta que, antes de terminar este período, se inició un levantamiento general, cuyo resultado fué la emersión de casi toda la superficie que se encontraba cubierta por las aguas del cretácico medio, habiendo tenido lugar, durante el cretácico superior, una retirada del mar, que hizo que el aumento de la tierras emergidas fuera en creciente, aunque la proporción mucho menor de rocas del cretácico superior en la zona, parece probar que sólo una pequeña parte de ella estuvo cubierta por el mar durante esta división del cretácico. Fué en esa época cuando se realizó principalmente el plegamiento de las (1).. "capas de calizas cretácicas, que del centro del país a las costas se iban ordenando en pliegues casi paralelos, cuya altura, estrechamientos, estrangulamientos y rupturas dependían de la energía de la presión que los formaba, así como de su elasticidad, compresibilidad y demás propiedades físicas..." En la extremidad septentrional de la zona estos pliegues se orientaban, como hemos dicho ya, con una dirección muy constante de NW. a SE., en tanto que en la extremidad opuesta sufrirían muchos trastornos que originaron dislocaciones y fracturamientos, al través de los cuales se derramaron durante el terciario las rocas ígneas que constituyen las sierras eruptivas de esta extremidad de la zona.

Entre estas sierras es notable por su intensa mineralización la sierra de Pachuca, que, puede decirse, forma gran parte de dicha extremidad y cuya

(1) Bosquejo geológico de México, por J. G. Aguilera, Boletines del Instituto Geológico de México, números 4, 5 y 6, páginas 248 y siguientes.

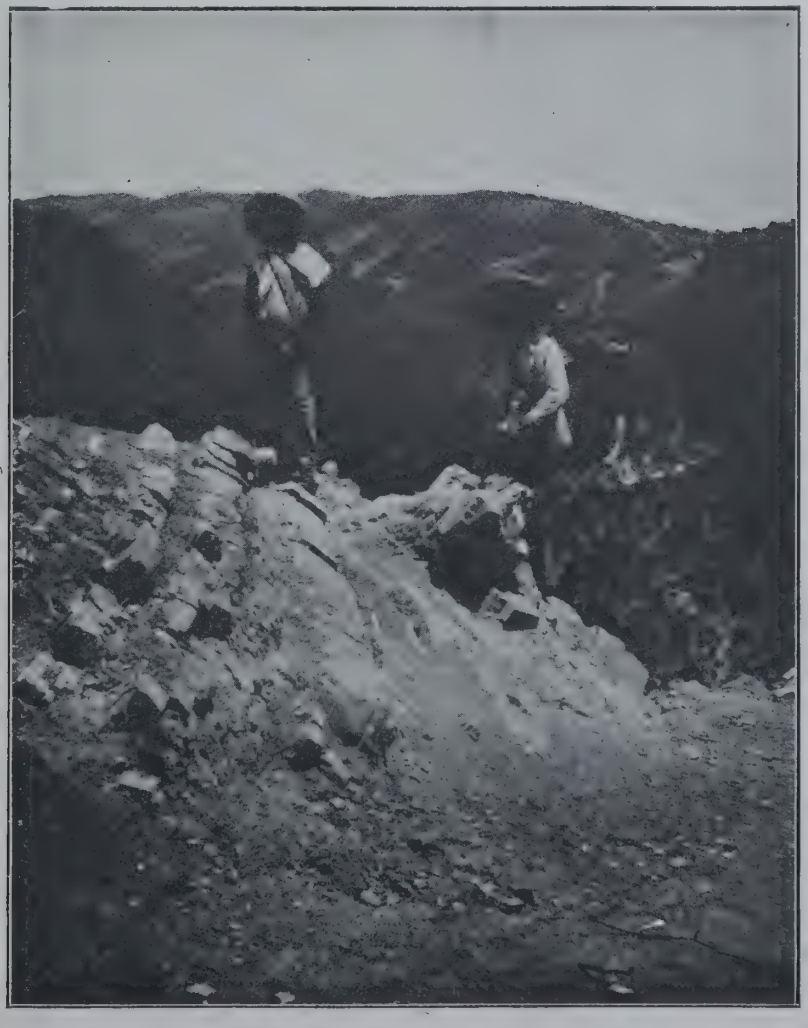
Fotografía número 107. Explotaciones de basalto (tezontle), en las canteras de "Dos Cerritos," en terrenos de la hacienda de Canguihuindo, valle de Actopan.



Fotografía número 108. Gruta de "Nejamai," barranca de "La Cueva." Alrededores de Actopan.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Fotografía número 109. Paso de la vía férrea a través de las montañas calizas que separan los valles de Actopan e Ixmiquilpan. (Paso llamado "Salsipuedes;" en segundo término una porción del valle de Ixmiquilpan.)



Fotografía número 110. Cabezas de estratos de pizarras arcillosas en la margen derecha de la barranca de "Chalmita." Alrededores del Mineral de "El Cardonal."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

historia geológica ha sido ya hecha detalladamente por Aguilera y Ordóñez (1), quienes la consideran como formada a mediados del Terciario y debida a un fenómeno propiamente volcánico, que consistía en una serie de erupciones sucesivas a lo largo de una grieta preexistente, y a propósito de cuyas erupciones, dicen: "Muy poco puede decirse acerca del tiempo de reposo que sucedió al finalizar las erupciones andesíticas y después de su completa consolidación. Solamente se demuestra que el trabajo de erosión comenzaba a modificar el relieve de las montañas ya formadas y se verificaba sobre las andesitas la profunda alteración atmosférica de estas rocas, cuando súbitamente la región se encontró de nuevo sometida a nuevas manifestaciones volcánicas consecuencia de esfuerzos dinámicos muy enérgicos aunque de menor importancia, a juzgar por el volumen del material eyectado. Las mismas grietas que permitieron la salida de las andesitas constituían líneas de menor resistencia, en las cuales, por diversos puntos y con extensión diversa, se rompía la cubierta bruscamente, dando lugar, durante esta ruptura parcial, a la formación de una enorme masa de brechas andesíticas que forzosamente ocuparon la parte culminante de la sierra. Para dar alguna idea de este rompimiento y de la importancia que tuvo, basta observar la enorme extensión de los productos de las erupciones o sean las brechas andesíticas ígneas, en la cresta de la sierra desde los cerros de Capula hasta la Peña del Zumate en Real del Monte; es decir, una longitud de poco más de doce kilómetros, una anchura variable entre dos y seis kilómetros y un espesor superior a cuatrocientos metros."

Estas erupciones tuvieron lugar en el orden siguiente: andesitas, riolitas y basaltos a través de reaperturas efectuadas en el macizo mismo de la sierra, que aumentaba así gradualmente de altura, fenómenos que ellos consideran como sigue: "Durante estos movimientos de reapertura de grietas en la masa misma de las andesitas y la expulsión de lavas silicosas, tuvo lugar en las regiones vecinas a las riolitas la formación de grietas de menor importancia que produjeron un sistema de fracturas principal, en dirección casi paralela a las grietas de emisión de lavas y grietas secundarias que parten de los primeros, produciéndose así una división en blocks paralelepípedos en grandes tramos de la sierra. Este fenómeno se produjo con desigual energía en ambos lados de la sierra. Así tenemos, del lado occidental, el sistema de fracturas de Pachuca casi ligado al de Santa Rosa y Tepenené, y al O., el de El Chico, igualmente unido casi al sistema de Real del Monte, habiendo por otro lado entre todos ellos la más estrecha relación. Pero estos sistemas de fracturas están muy lejos de ofrecer la simplicidad que en apariencia les damos al referirlos al fenómeno volcánico; muy al contrario, habremos de poner a contribución nuevos datos y observaciones que completen el estudio de estas complicadas redes, trabajo que, por otra parte, para el sistema de Pachuca, constituye un capítulo especial de esta Memoria. La acción volcánica que dió origen a la vasta formación riolítica de Pachuca y El Chico se clausuró con dos fenómenos conexos sumamente frecuentes si no indispensables en toda erupción volcánica, a saber: la aparición de material detrítico, una verdadera erupción cinerítica, y la formación en la superficie, de fumarolas y la circulación de aguas termo-minerales en la grietas profundas ya formadas. Estas dos clases de fenómenos íntimamente ligados en Pachuca dieron lugar: el primero a tobas riolíticas en lechos que alternan en la parte superior con capas de la misma toba sumamente impregnada de sílice, ya bajo la forma

(1) Loc. cit., págs. 43 y siguientes.

de cuarzo cristalino o bien de piedra córnea y que caracterizan las canteras de donde se saca piedra de construcción cerca de Real del Monte, cuyo carácter y condiciones de formación hemos descrito en otra parte de este trabajo. El segundo fenómeno, el más interesante, es el depósito silicoso bajo la forma de cuarzo exclusivamente acompañado de sulfuros minerales en las grietas del suelo, dando lugar a la enorme riqueza de metales preciosos que en parte han sido extraídos de estas regiones."

De los criaderos minerales así originados y contenidos dentro de la zona recorrida por nosotros, nos ocuparemos especialmente en el capítulo siguiente.

En cuanto a la formación de los valles, hemos dicho antes que comenzó a principios del Terciario con el relleno de las cuencas, tanto de erosión como tectónicas, que se originaron en épocas anteriores. Los depósitos que desde entonces se iniciaron, dieron lugar a formaciones lacustres que persistieron hasta el Pleistoceno. Estas cuencas constituyeron, en un principio, extensos lagos cuya desecación comenzó a realizarse al derramarse sus aguas, comenzándose así a efectuar el drenaje general de la zona, por ríos, en su mayor parte postcedentes, que comenzaron desde entonces a verificar un enérgico y prolongado trabajo de erosión y a cavar las complicadas cuencas hidrográficas que existen ahora, algunas de las cuales se encuentran en plena evolución, como la que se observa en el tramo del río Moctezuma que limita a la zona por el NW., y a la que hemos tenido ocasión de referirnos, cuenca cuyo fondo se encuentra ocupado por el lecho del citado río, el cual ha labrado en algunas partes profundos cañones. Esta enérgica e incesante erosión preparó desde entonces las formas topográficas y geográficas del territorio abarcado por la zona, las que definitivamente quedaron constituídas durante el período Pleistoceno.

CAPITULO V

CRIADEROS MINERALES

Los yacimientos minerales que existen en la zona recorrida pueden estudiarse bien desde el punto de vista genético, es decir, considerando su modo de formación o bien teniendo en cuenta la naturaleza de las rocas en que se encuentran contenidos o la sustancia útil explotable que predomina en ellos.

Desde el punto de vista genético los criaderos de la zona comprenden dos tipos generales: tipos filonianos formados cerca de la superficie o a profundidades intermedias y originados por las aguas termo-minerales ascendentes estando todos ellos en conexión genética, más o menos directa, con rocas ígneas; y tipos de depósitos de cantacto que se encuentran situados en o cerca de la zona de contacto de rocas sedimentarias solubles o fácilmente substituibles (calizas, margas, pizarras arcillosas más o menos calcáreas, etc.) con rocas intrusivas (granitos, grano-dioritas, sienitas, monzonitas, etc.), comprendiendo este segundo grupo depósitos que han sido originados en la mayoría de los casos, por procesos de metamorfismo ígneo.

Teniendo en cuenta la clase de roca en que "arman" estos criaderos, puede formarse con ellos el cuadro de la clasificación siguiente:

Fotografía número 111. Depósitos terciarios cortados por el río de Ixmiquilpan en las inmediaciones del puente de fierro llamado de "La Encarnación."

Fotografía número 112. Vista general del Mineral de "El Cardonal." (En primer término, la vegetación espinosa, propia de este lugar, y en el fondo, los cerros "Mineral," "Buenavista" y "Santuario."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Fotografía número 113. Vista de los cerros "Blanco" y de "El Fraile," con una porción del valle intermedio de "San Miguel." Alrededores del Mineral de "El Cardonal."

Fotografía número 114. Vista del cerro de Cuxmayé. Alrededores del Mineral de "El Cardonal."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

		Minerales de:
Criaderos contenidos en rocas ígneas	En andesitas	El Chico. Capula. Santa Rosa. Tepenené y algunos de Zimapán.
	En riolitas	San Clemente.
Criaderos contenidos en rocas sedimentarias	En calizas	El Cardonal. Zimapán.
	En calizas y pizarras arcillosas	Bonanza. Pechuga.
Criaderos contenidos en zonas de contacto	De calizas con rocas ígneas terciarias	Las Plomosas.
	De calizas con rocas intrusivas	La Encarnación. San José del Oro y algunos de Pechuga.

Por la naturaleza de la sustancia útil explotable predominante en estos criaderos minerales, pueden establecerse dos grupos: I. Criaderos metálicos, y II. Criaderos no metálicos. Los criaderos metálicos son de plata, plomo, oro, cobre, fierro y antimonio, y los no metálicos son de yeso, barita, celestita, arcilla, caolín, ocres, haloicitas y ópalos. Este último grupo es relativamente poco importante y tanto a él como a los materiales de construcción existentes en la zona, que están ya en explotación o que pueden explotarse, les dedicaremos párrafos por separado.

En cuanto a los criaderos metálicos, para hacer tan clara su descripción y sistemático su estudio, tanto como nos sea posible, adoptaremos el mismo orden expuesto en el cuadro anterior, comenzando por los contenidos en rocas ígneas y trataremos al estudiar en particular cada criadero o grupo de criaderos, de sus caracteres morfológicos, accidentes que sufren, naturaleza de su relleno metalífero, distribución de su riqueza, génesis, etc.

Criaderos contenidos en rocas ígneas.—Mineral de El Chico y sus alrededores. Los criaderos minerales de Atotonilco El Chico, Capula, Santa Rosa y Tepenené son vetas argentíferas que están contenidas en fracturas que pertenecen todas al mismo campo de fracturas, las cuales atraviesan a las andesitas miocénicas que hemos descrito y estudiado ya en capítulos anteriores. Forman estas fracturas una red ortogonal en la cual pueden distinguirse dos sistemas principales: uno orientado sensiblemente de E. a W., en el que se encuentran las vetas más importantes de la región, y otro de N. a S., en cuyas fracturas no se ha reconocido hasta ahora mineralización alguna. El primer sistema citado constituye además un sistema conjugado, es decir, está formado por un grupo de fracturas paralelas entre sí en su dirección general, pero tienen inclinaciones opuestas algunas de ellas, unas hacia el Sur y otras hacia el Norte. En efecto, de las principales vetas que existen en los alrededores de El Chico, las de Arévalo, San Marcial, Montaña de Oro, San José, Angeles, San Carlos y Pabellón tienen echado al S., mientras que las de La Fortuna, San Isidro, Santo Tomás, Atargea, San Nicolás y otras lo tienen hacia el N. Siendo de todas estas vetas la de Arévalo la más importante y la que más ha influído en la producción del Distrito de El Chico. Nos ocuparemos más adelante de ella especialmente.

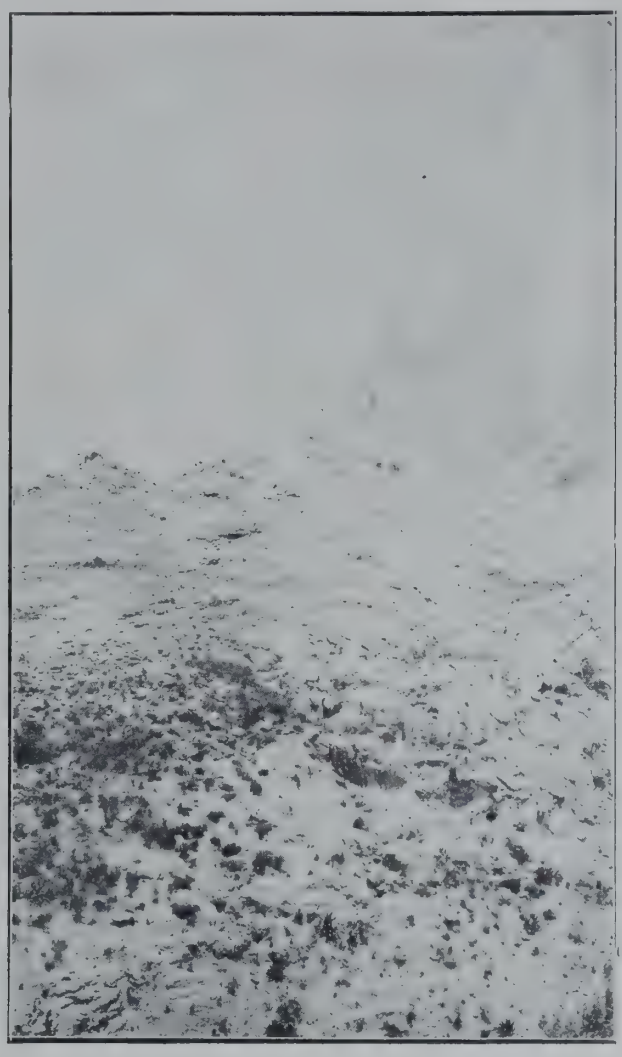
Los crestones de estas vetas argentíferas, se reconocen en la superficie del terreno por una alteración más avanzada de la roca encajonante de su vecindad, en la que se nota una coloración rojiza muy marcada según el rumbo general de la veta y a veces una desintegración más enérgica de esa roca, lo que se debe a que algunos de estos afloramientos están formados por delgados hilos de cuarzo, paralelos entre sí, que constituyen zonas de fácil acceso para los agentes de intemperismo, observándose entonces una erosión mayor en el sitio ocupado por el crestón; otras veces, al contrario, los crestones forman un solo cuerpo, que sobresale de la superficie del terreno (fotografías números 46 y 47) y que aparecen en la parte elevada de su relieve, en los acantilados o en el fondo de las barrancas y en general en todos aquellos sitios donde no existen depósitos de acarreo o acumulaciones de tierra vegetal que los oculten; crestones de esta naturaleza los presentan las vetas de Montaña de Oro, San Marcial y San Carlos.

El crestón de la veta de Arévalo presenta estos dos casos: en algunos lugares, como en la boca del tiro de California, sobresale de la superficie del terreno (fotografías números 41 y 61) y aparece con el reliz del alto perfectamente marcado; en cambio, en el cerro de Arévalo, cerca de la mojonera 10D de la pertenencia Nuevo Dique, su desgaste es mayor que el de la roca encajonante, estando ahí constituído por numerosos hilos de cuarzo diseminados en una ancha zona rojiza de andesita alterada de cerca de 35 mts. de potencia. En el tramo comprendido entre los ríos de El Milagro y Tetitlán sufre una primera inflexión hacia el N. y después una segunda hacia el S., dando lugar a que se forme así un arco con su concavidad vuelta hacia el primer rumbo mencionado, y es en este tramo arqueado donde se localizan los trabajos de explotación más importantes en esta veta que han permitido reconocer su mineralización a profundidad. Siguiendo el afloramiento de esta veta desde la hacienda de Jesús, a orillas de la población de El Chico, hasta el socavón de San Eugenio, en un tramo de cerca de once kilómetros, se puede reconocer su principio en un paraje llamado Colonia Juárez, donde tiene un rumbo de 80°. NE. y es apenas reconocible por la silificación y coloración rojiza de la andesita; más adelante, hacia el W., casi enfrente del Tiro Nuevo y a 15 mts. al N. del brocal de ese tiro, aparece claramente con su reliz del alto bien marcado de 75° NE. de rumbo y 75° de inclinación al S.; después se encuentra cubierto por terreno de acarreo hasta el tiro de California donde tiene 80° NE. de rumbo y 72° de echado al S.; continúa más adelante por el cerro de Arévalo, con una potencia de 39.80 mts., pero sin estar allí visibles claramente sus respaldos; sigue después hacia Tetitlán donde aparece en el hundido de San Pedro, con el reliz del bajo visible de 68° NW. de rumbo y 77° de inclinación hacia el Sur. En Capula se presenta sumamente silicificado y por esta circunstancia muy visible, conservándose así hasta el socavón de San Eugenio, en donde tiene 82° NE. de rumbo, echado de 68° al Sur y una potencia de 23 mts.

Las especies minerales que entran en la constitución de los crestones de estas vetas son el cuarzo compacto blanco lechoso o amarillento, algunas veces el cuarzo cristalizado que se presenta de preferencia en grietas o cavidades, los óxidos de fierro y manganeso (estos últimos en corta proporción) y la pirita. Esta especie mineral penetra frecuentemente en la roca encajonante y al descomponerse en sulfato y óxidos de fierro la colora intensamente de rojo, razón por la cual existe la coincidencia casi general antes señalada

Fotografía número 115. Vista del cerro "Mineral" desde el jagüey de "El Cardonal." En la falda se ve la casa de la mina de "San Antonio el Mozo" y el comido de "San Bernardo."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



Fotografía número 116. Peñas riolíticas de "El Santuario." Alrededores del Mineral de "El Cardonal."

Fotografía número 117. Cerro de "El Santuario," visto desde la mina de "San Vicente." Alrededores del Mineral de "El Cardonal."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

de los afloramientos de las vetas con las fajas rojizas mencionadas. Casi todos los crestones importantes contienen plata desde la superficie, y algunos, como el de la veta de Arévalo, llegan a tener una ley de 100 a 150 gramos, por tonelada. La fractura en que se encuentra contenida la veta de Arévalo, es de una extensión longitudinal algo mayor que la de su crestón, pues puede indentificarse por el E. desde el antes citado paraje de Colonia Juárez, en las cercanías de la población del Mineral de El Chico, y por el W. hasta las pertenencias de la mina La Trinidad en el Mineral de Tepenené, en una extensión a rumbo de cerca de dieciseis kilómetros. Esta indentificación puede hacerse gracias a la particularidad que presenta esta veta (y a la que hemos tenido oportunidad de referirnos en otro lugar de este Informe), de estar constantemente acompañada por un dique riolítico, situado al alto de ella, y con el cual está en contacto en grandes porciones de su curso; este dique aflora, como hemos dicho ya, en varios sitios de la superficie del terreno juntamente con la veta, encontrándose en otros a alguna distancia de ella y puede también observarse en contacto con el reliz del alto de su cuerpo en el interior de la mina de Arévalo, en distintos lugares de los diversos niveles (1) y obras de exploración y explotación. En la superficie puede verse claramente el afloramiento del mencionado dique en contacto con el crestón de la veta, en la boca del tiro de California (fotografía número 41), donde el dique tiene una potencia de 13 metros; en un tramo comprendido en las pertenencias de Jesús y San Rafael y en algunos otros lugares; a cierta distancia de la veta se vé aflorando en el camino de El Chico a la antigua mina de Arévalo (fotografía número 42) y en varios puntos de los caminos de El Garrote y Tetitlán. En nuestros estudios hechos en el interior de la mina de Arévalo, pudimos identificarlo (véase la lámina núm. 4) en los niveles de Atila, Finlandia, Hidalgo, Hércules, Keppler, Leyden, "X" y Potomac, que eran los únicos que se encontraban en trabajo en esa mina en la época de nuestra visita, siendo entonces algunos de ellos accesibles, solamente en parte. En la citada lámina núm. 4 hemos procurado representar las relaciones de posición del dique y la veta, así como las dimensiones de uno y otra. Por la inspección de la lámina puede verse que el dique se encuentra siempre al alto de la veta y en casi todos los niveles en contacto con su cuerpo, con excepción de los extremos occidentales de los niveles Hidalgo y Potomac, en donde el dique se separa del alto de la veta y se dirige más hacia el SW., como reconociendo hacia el macizo intrusivo de Las Monjas en cuya roca presenta grandes analogías de estructura y composición la riolita del dique.

Los mejores lugares para estudiar este dique en el interior de la mina son: el crucero 705 en el nivel Hidalgo, el crucero 355 (San Pedro) en el nivel Hércules y el crucero S., abierto en el frente E. del tiro California en ese mismo nivel; los cruceros 395 y 425 en el nivel "N," el crucero 655 en el nivel Potomac y por último en la prolongación del socavón Neptón, después del corte de la veta, en ese último nivel. En el crucero 705 el dique tiene una potencia de 10 metros y aparece con sus bordes completamente vitrificados, los cuales se ven como fajas angostas de 50 centímetros a 1 mt. de espesor de color negro o agrisado y de un lustre resinoso que da a la roca el aspecto de una "piedra pez" u obsidiana. Esta roca se conoce en la mina con el nombre local de *"pixtle."* Un fenómeno semejante se observa en el crucero de San

(1) Estos niveles y obras de exploración y explotación se enumeran y describen en el correspondiente capítulo de esta Memoria.

Pedro, donde se presentan tres zonas angostas (véase el plano, lámina número 4) de este vidrio riolítico, así como en el crucero 655 del nivel Potomac y en el corte del dique por la prolongación del socavón Neptón (fotografía número 75), se observan también estas zonas angostas vitrificadas, aunque con menos claridad, en el crucero Sur abierto en la frente de San Gregorio, en el nivel de Finlandia y en los niveles Keppler y Leyden. En el nivel Keppler existen tres cruceros en los cuales se observa el *"pixtle,"* pareciendo corresponder la roca que sigue al alto de la veta al dique riolítico; en el crucero 305 aparece en el costado Sur, del cañón, una faja de "blandura" en la cual se presenta el *"pixtle"* diseminado en granos arredondados o alargados, de uno a dos centímetros de diámetro, teniendo allí la roca del alto el tipo riolítico, pero que en algunos sitios se acerca al tipo dacítico. Más al W., en el crucero 335, a 7.15 mts. del centro del cañón, se presenta un reliz en el cual puede reconocerse la presencia del *"pixtle,"* pero en un estado muy avanzado de alteración; lo mismo se observa en el crucero 345, en donde, antes de alcanzar al dique, se presenta el relleno de la veta muy quebrado y atravesado por hilos de cuarzo con metal. Seis metros abajo del piso de Keppler, en el rebaje 355 de Leyden, hay otro reliz, perfectamente marcado, con inclinación de 75° al Sur. Al bajo de este reliz y a 8.90 mts. de distancia se presenta de nuevo el *"pixtle,"* que parece corresponder al que se encuentra en el mencionado crucero 345 de Keppler. En la frente E. del entresuelo de Leyden, que en la época de nuestra visita se encontraba ya colada, más al E. del crucero 300, se observa un cuerpo de roca de aspecto dacítico que parece corresponder también al observado en el crucero 305 de Keppler; el cañón de Leyden está abierto en el bajo de la veta por lo que se ve coincidir en el plano con el reliz intermedio del bajo en casi toda su longitud y allí puede verse el *"pixtle"* en los cruceros 345, 365 y 555; en el crucero 465, a 9.30 mts. del centro del cañón y hacia el S., aparece el alto de la veta donde se presenta sumamente fracturado tanto el relleno de la veta como la roca del dique.

El rumbo medio de la veta Arévalo, como hemos dicho ya, es sensiblemente de E. a W., con inclinación al S., pero presenta cuando se estudia desde la superficie hasta el nivel del Potomac, es decir, hasta una profundidad de 400 metros, cambios locales de dirección y echado; su rumbo varía entre 70° NW. y 80° NE. y su echado de 60° a 83° al SW. o SE. En algunas ocasiones no se definen bien estos cambios porque no es posible establecer con claridad la separación de su relleno metalífero y la roca encajonante, como sucede, por ejemplo, en el tramo comprendido entre los cruceros 600 y 750 del nivel Hidalgo, donde se pasa insensiblemente de la veta a la andesita propilítica, la que contiene leyes bajas de plata. El respaldo del alto se presenta en general definido por la presencia del dique riolítico, en tanto que el del bajo aparece con menos claridad. En el cuerpo de la veta, y cercanos a este respaldo, se presentan dos relices bien definidos, separados entre sí de 2 a 2.50 mts., que corren paralelos a la veta, relices cuyos caracteres de constancia y formalidad han hecho que se tomen como guía en las exploraciones. Estos relices, así como los respaldos de la veta en los diferentes niveles y lugares accesibles que pudimos visitar en la época en que estuvimos en este Distrito Minero, tienen los rumbos y echados siguientes: en el nivel Atila, cerca del pozo de bajada para el cañón de Chilpancingo, 70° NW., con inclinación al SW. de 62°; en el nivel Finlandia, crucero 715, 75° NW. e inclinación al SE. 65°; en el nivel Hidalgo, en el crucero 675, el reliz del bajo tiene 70° NW. de rumbo e inclinación al SE. de 68°; en el nivel Hércules, cerca del

Fotografía número 118. Pliegues de capas calizas en el camino de la población de "El Cardonal" a la fundición de Chalmita.

Fotografía número 119. Pliegues anticlinales y sinclinales de capas calizas en la fundición de Chalmita. Alrededores del Mineral de "El Cardonal."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Fotografía número 120. Vista de los macizos riolíticos de "El Santuario," "El Roqui" y rancho de "San Miguel." Alrededores del Mineral de "San Clemente."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

plan de la Habana, 74° NW. con inclinación al SE. 68°; en el nivel Keppler en el pozo 635, 70° NW. echado al SE. 72°, y en el nivel de Leyden, crucero 425, 70° NW. e inclinación hacia el SE. 73°. El nivel N. (fotografía número 68) es uno de los lugares en que mejor se perciben los relices intermedios del cuerpo de la veta y se presentan allí tan marcados, que muchas veces son la causa, al explotarla, del desprendimiento de grandes bloques (fotografía número 71) que hacen peligrosos los trabajos en este nivel donde los citados relices tienen un rumbo variable entre 60° y 75° NW., con inclinación al SE. En el nivel Potomac, que en la época de nuestra visita a la mina de Arévalo era accesible en casi toda su longitud, el rumbo de la veta sufre una fuerte inflexión hacia el NE. (entre los cruceros 75 y 165), inflexión que corresponde a la que se observa en el crestón en las cercanías del tiro de California, y puede decirse que de este punto de inflexión hacia el Poniente los rumbos dominantes son hacia el NW. y desde el citado punto hacia el Oriente son hacia el NE. En este nivel se marcan también en algunos sitios, con claridad, los referidos relices del cuerpo de la veta.

En cuanto a la inclinación o echado de la veta hay que notar que es dominante hacia el SE., siendo menos fuerte (de 60° a 70°) entre la superficie y el nivel de Hércules; un poco mayor entre este nivel y el de Leyden, y bastante fuerte (hasta 83°) en el último nivel de Potomac, siendo allí en algunos lugares, por ejemplo entre los cruceros 470 y 485, casi vertical o con tendencias de cambiar hacia el N.

La potencia del cuerpo de la veta es variable y tiene tendencia a la forma lenticular más bien que a la tabular; hay sitios en que se estrecha notablemente como entre los cruceros 560 y 630 del nivel Potomac (véase el plano de la lámina núm. 4) en tanto que en otros es muy ancho, como en la extremidad W. de los niveles Hércules y Finlandia, donde llega a alcanzar potencias de 30 a 40 metros. En estas porciones tan anchas de la veta es donde se dificulta más fijar la separación precisa entre su cuerpo y la roca encajonante, por razón de su estructura que corresponde a la de una veta originada por fenómenos de sustitución metasomática con la andesita en que se encuentra contenida. Su relleno metalífero está constituído por la roca andesítica más o menos silicificada y sulfuros negros de plata (estefanita, polibasita y principalmente argentita) acompañados de poca galena y blenda y a veces chalcopirita con cuarzo y calcita, como matrices dominantes.

Hemos señalado ya, al tratar de la tectónica de la región, el hecho de que varias de las fracturas de esta zona minera, perteneciente al sistema E. W., coinciden con fallas según las cuales se han efectuado resbalamientos en escalón que han dado origen al vasto anfiteatro en que se asienta el Mineral de El Chico. En una de estas fallas se encuentra contenida la Veta de Arévalo, en cuyo cuerpo existen, como ya hemos dicho, cierto número de relices, principalmente dos, que pueden identificarse como otros tantos planos de resbalamiento de la antigua zona fallada, la que es afectada, aun actualmente, por desalojamientos pequeños.

Con respecto a la concentración y distribución de la riqueza en el cuerpo de la veta, se habían podido identificar, durante su explotación hasta la profundidad alcanzada en la época de nuestra visita (25 a 35 mts. abajo del nivel Potomac), tres grandes "clavos" o chimeneas llamadas de "San José," "Santa Mónica" y "San Juan," que se explotaron respectivamente por los tiros de Santa Isabel, California y Honduras. Aunque estos clavos afectan la forma de chimeneas irregulares más o menos verticales, presentan con fre-

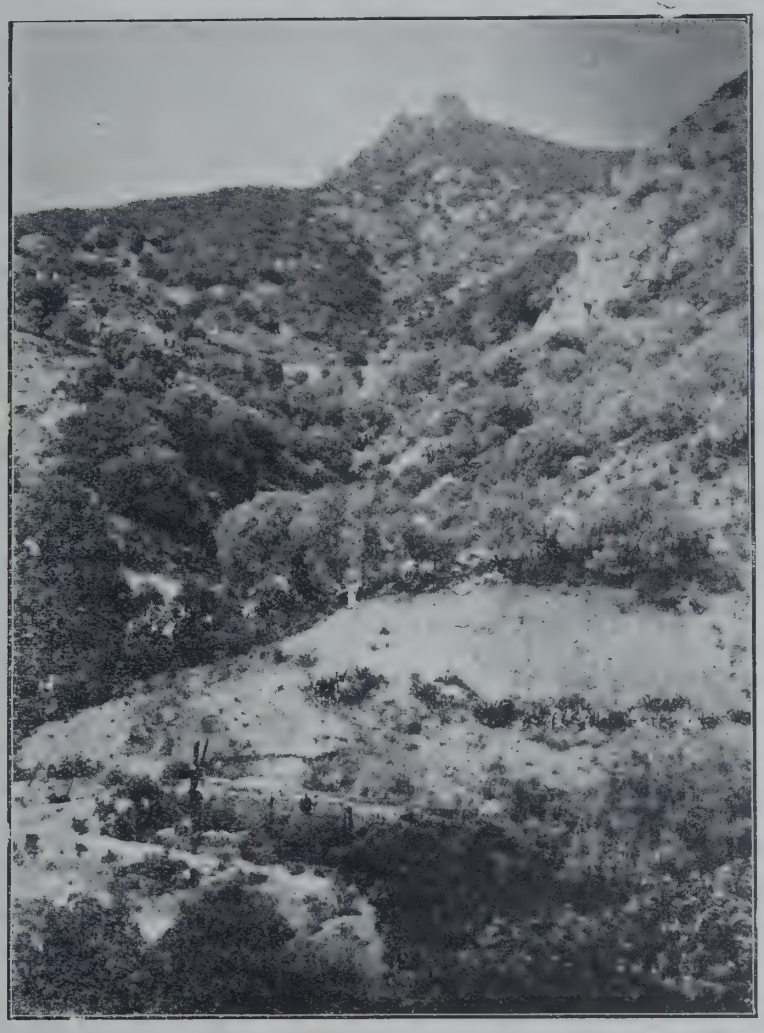
cuencia una inclinación dominante hacia el W., inclinación que coincide con la de las intersecciones del cuerpo de la veta de Arévalo con las vetas llamadas del Norte situadas al bajo y cerca de ella. Estas vetas, varias de las cuales tienen, como hemos dicho ya, echado contrario al de la de Arévalo, es decir hacia el N., parecen haber tenido cierta influencia en el enriquecimiento de la veta en el lugar de sus intersecciones con ella. En efecto, construyendo gráficamente las intersecciones de las citadas vetas con la veta de Arévalo, se ve que el echado de estas intersecciones es hacia el W., esto es, el mismo de los principales clavos cuyas leyes medias más comunes fluctúan entre 400 y 500 gramos plata, por tonelada. En los trabajos de explotación y exploración que se llevaban en esta mina en el clavo de Santa Mónica, por los pozos 505 y 515 en el nivel Potomac (zona que corresponde aproximadamente al eje del clavo), se habían encontrado metales de leyes de 5 a 10 kgms. por tonelada, y en las porciones más ricas hasta de 36 kgms. El aspecto de relleno metalífero en estos pozos era, en la época de nuestra visita, bastante halagador y nada indicaba que pudiera presentarse repentinamente una zona de empobrecimiento, sino que al contrario, la presencia de plata nativa en pequeñas cantidades en algunos de los laboríos del nivel Potomac, hacía prever la continuación de la mineralización a profundidad en este clavo y la posibilidad, por consiguiente, de abrir nuevos pisos de explotación abajo del referido nivel. La distribución de la mineralización, según el rumbo de la veta, afecta la forma de lentes (véase el plano del nivel Leyden, lámina 6) que se encuentran contenidas, bien en el relleno pobre o estéril de la veta, en el cual aparecen como imbricadas, o bien en la roca andesítica, más o menos silicificada o propilizada, en las que arma la veta. En cuanto a la distribución de la riqueza transversalmente al cuerpo de la veta, hay que hacer notar que se concentra principalmente en el reliz del bajo, desde la superficie hasta el nivel de los cañones Hércules e Hidalgo; de este nivel hasta el de Leyden se observa de preferencia en los relices intermedios del cuerpo de la veta y de allí hasta el nivel Potomac, se presenta constantemente en el reliz del alto.

Otro tramo de la veta de Arévalo, puede estudiarse en la antigua mina de Tetitlán (fotografía número 63), la que, aunque completamente paralizada en la época en que estudiamos esta región, era accesible en parte por el socavón general de entrada, cuya boca está situada en la margen derecha de la cañada del mismo nombre. En esta mina la veta de Arévalo fué cortada a 215 metros de la boca del socavón, con una potencia de cerca de 22 mts. y se explotó en ella un clavo desde la superficie (hundido de San Pedro) hasta un poco más abajo del corte, al nivel del socavón. Allí (véase el plano geológico respectivo, lámina 9) se presenta la riolita del dique, que antes hemos estudiado en la mina de Arévalo, también al alto de la veta, solamente que no afecta ya, al menos hasta donde puede verse en la parte accesible del socavón, la forma de un dique, sino de una masa eruptiva que se dirige hacia el macizo de Las Monjas del cual parece ser una dependencia; esta formación riolítica está atravesada por el socavón, según se vé en su parte accesible, en un tramo de cerca de 90 mts. y parece seguir aun en la prolongación del socavón. Hacia el bajo de la veta se presenta en esta mina, desde la boca del socavón hasta el corte, andesita propilítica, roca en la que arman las vetas de "La Cruz" y "Santa María," que están cortadas también en ella por el socavón general. Tanto en la andesita como en la riolita se presentan las diaclasas y relices cuyos rumbos y echados están anotados en el plano respectivo.

Fotografía número 121. Cerro de "La Pechuga," al NW. del Mineral de "San Clemente."

Fotografía número 122. Alrededores del Mineral de "San Clemente."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



Fotografía número 123. Cerro de "San Clemente" en los alrededores del Mineral del mismo nombre.

Fotografía número 124. Ruinas de las oficinas de la antigua compañía que explotó las vetas auríferas del Mineral de "San Clemente."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

En las extremidades occidental y oriental de la gran fractura de Arévalo, existen dos minas en las cuales puede estudiarse la constitución de la veta en aquellas partes alejadas de su porción central. En la extremidad E., en pertenencias de Jesús y San Rafael por Tiro Nuevo (fotografía número 64), tiro en el cual existen abiertos dos niveles a los 65 y 85 mts. respectivamente, abajo del brocal; en el primer nivel que era el único accesible, recorrimos un crucero que parte del tiro con el que se cortó la veta a los 38 mts.; su cuerpo tiene allí una anchura de 21.50 mts. y presenta un relleno mineral análogo al que se observa en la mina de Arévalo; dicho cuerpo aún no está suficientemente reconocido para poder juzgar de su riqueza, pero presenta las mismas especies minerales que en Arévalo, y puede identificarse perfectamente como perteneciente a esta importante veta, por la presencia en su alto del dique riolítico (fotografía número 76). En la extremidad occidental puede estudiarse en la mina de San Eugenio en la que se presenta con un relleno metalífero pobre, en cuya masa abunda la pirita y donde se observa al dique riolítico muy poderoso (fotografías números 95 y 96) aflorando en la superficie en contacto con la veta. En el socavón de San José de dicha mina, abierto en el alto, la veta tiene un rumbo de 82° NE., con una inclinación al SW., variable entre 65° y 70°, y los metales que ha producido durante su explotación, que se ha llevado a cabo de una manera superficial, han sido en lo general de baja ley. Más hacia el W., ya en las faldas occidentales de la sierra de Pachuca, que descienden al valle de Actopan, existen todavía manifestaciones del dique riolítico que la acompaña (véase el croquis geológico general, lámina 1), pues al recorrer la superficie del terreno en los alrededores de la mina de La Trinidad, del Mineral de Tepenené (Arenal), se observan crestones de la veta y afloramientos riolíticos bastante importantes. Crestones muy poderosos de la veta de Arévalo aparecen también en el Mineral de Capula (donde esta veta es conocida con el nombre de veta de Capula) en las cercanías del tiro de la Bomba, (fotografía número 90) y en las cimas de algunos de los cerros que se encuentran entre ese Mineral y el de Tepenené (fotografía número 94).

Estudiada ya la veta de Arévalo, la que por su riqueza metalífera y por estar contenida en una fractura tan poderosa y extensa, es, como hemos visto, la más importante del Distrito Minero de El Chico, nos ocuparemos ahora de las vetas situadas al bajo de ella y cerca de su cuerpo y de algunas de las principales del Distrito que pudimos estudiar y que se encuentran al Norte de esa gran fractura.

Las vetas del bajo de la veta de Arévalo están cortadas por los socavones Aurora y Neptón. El primero tiene un rumbo de 30° NE. (magnético) y una longitud de 775 metros y al recorrerlo en toda esa extensión, desde su entrada hasta el corte de la veta de Arévalo (que tiene lugar a los 772 mts.), pudimos notar 29 vetas y vetillas cortadas, cuyos rumbos, echados y distancia a la boca de entrada son como sigue:

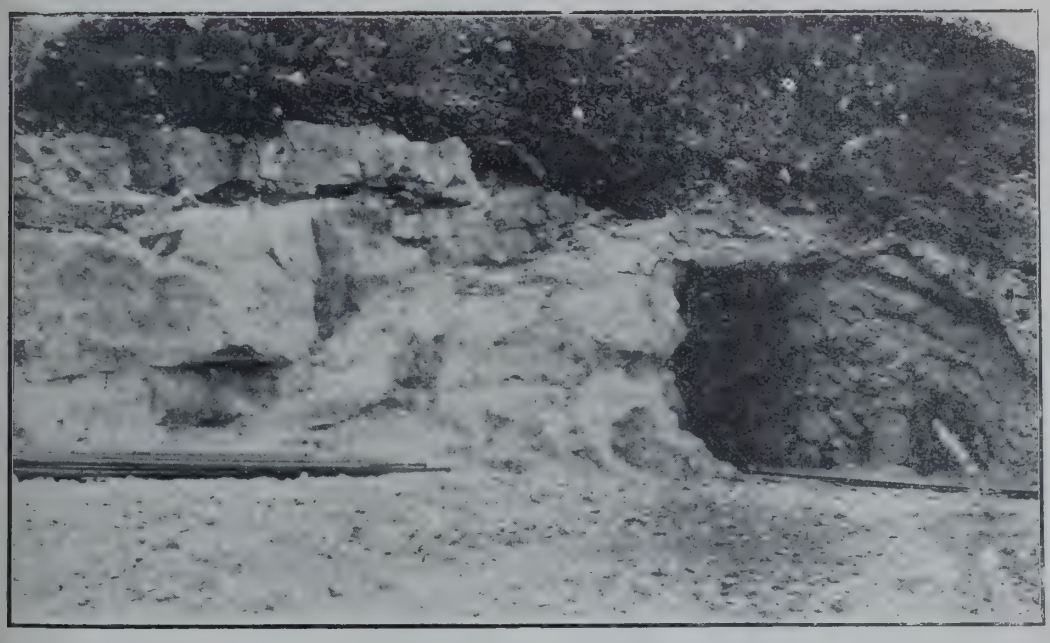
1ª	Veta de la atarjea en la boca del socavón.....					Rumbo	EW.,	echado al		N.50°
2ª	Vetilla cortada a los.....	26.60	mts.	del	socavón.	„	82°	NE.	„	„ SE.87°
3ª	„ „ „	50.00	„	„	„	„	73°	NW.	„	„ NE.52°
4ª	„ „ „	153.00	„	„	„	„	60°	NW.	„	„ NE.40°
5ª	„ „ „	218.00	„	„	„	„	68°	NW.	„	„ NE.75°
6ª	„ „ „	241.00	„	„	„	„		NS.	„	„ E.69°
7ª	„ „ „	255.00	„	„	„	„	79°	NE.	„	„ NW.55°
8ª	„ „ „	271.00	„	„	„	„	86°	NW.	„	„ NE.61°
9ª	Veta "Santa Francisca.".....	280.00	„	„	„	„	87°	NW.	„	„ NE.50°

10ª	Vetilla, cortada a los	298.00	mts.	del	socavón.	Rumbo	73° NW.	echado al NE.85°
11ª	„ „ „	314.00	„	„	„	„	75° NW.	„ „ SW.81°
12ª	„ „ „	356.00	„	„	„	„	67° NW.	„ „ NE.64°
13ª	„ „ „	401.00	„	„	„	„	18° NW.	„ „ NE.70°
14ª	Veta "Negrillas."	418.00	„	„	„	„	87° NW.	„ „ NE.82°
15ª	Vetilla	440.00	„	„	„	„	38° NE.	„ „ SE.80°
16ª	„	470.00	„	„	„	„	26° NW.	„ „ Vertical.
17ª	„	508.00	„	„	„	„	70° NE.	„ „ NW.70°
18ª	Veta "Las Nieves."	518.00	„	„	„	„	84° NW.	„ „ NE.25°
19ª	Vetilla	620.00	„	„	„	„	63° NE.	„ „ NW.83°
20ª	Veta	630.00	„	„	„	„	85° NW.	„ „ NW.86°
21ª	„	650.00	„	„	„	„	71° NE.	„ „ NW.72°
22ª	Huertas	683.00	„	„	„	„	52° NE.	„ „ NW.80°
23ª	Veta	702.00	„	„	„	„	65° NE.	„ „ NW.86°
24ª	Altar	709.00	„	„	„	„	EW.	„ „ N.78°
25ª	Vetilla	715.00	„	„	„	„	88° NE.	„ „ NW.73°
26ª	„	719.00	„	„	„	„	88° NW.	„ „ NE.88°
27ª	„	725.00	„	„	„	„	85° NE.	„ „ NW.80°
28ª	„	730.00	„	„	„	„	85° NE.	„ „ NW.77°
29ª	„	750.00	„	„	„	„	82° NE.	„ „ NW.77°
30ª	Veta "Arévalo"	772.00	„	„	„	„	70° NW.	„ „ SW.82°

Algunas de estas vetas y vetillas (Atarjea, Santa Francisca, Negrillas, Las Nieves, etc.) han sido reconocidas, en sus respectivos cortes por el socavón, por medio de pequeñas frentes. La veta de Atarjea ensayó de 300 a 400 grs. plata, por tonelada; la No. 16 presenta un relleno de estructura francamente brechosa; la No. 18 tiene un espesor de 25 a 35 cents. y su relleno es cuarzoso, y otras vetillas, como por ejemplo la No. 17, no presentan relleno mineral alguno, sino que se reducen a simples fracturas en la andesita (diaclasas) cuyos respaldos están en contacto. Estas vetas y vetillas han sido angostas y de un relleno pobre o completamente estéril, con excepción de la veta de Huertas, que es conocida también con el nombre de La Amalia, sobre la cual existen abiertas largas frentes que comunican con antiguos labrados; dicha veta, que por el rumbo y echado que tiene (52° NE. y echado hacia el NW.), se va a reunir con la veta de Arévalo, ha producido en los lugares de reunión con ella, enriquecimientos que han afectado la forma de bolsas o chimeneas bien mineralizadas, más o menos verticales, en ocasiones con fuerte inclinación hacia el W., las cuales fueron explotadas en tiempos pasados al nivel del socavón y en los niveles superiores (Comidos de San Fidel, San Froilán, Dificultad, Plaza de Gallos). La veta de Huertas y algunas otras vetas y vetillas cercanas a ella, que se conocen en la mina de Arévalo con el nombre de vetas del Norte o vetas del bajo (véase fotografía número 71), se desprenden y separan del cuerpo de la veta de Arévalo y después de seguir hacia el NE., paralelamente a ella, una cierta distancia, se encorvan y van a reunirse de nuevo a la veta, formando una especie de arco, produciendo casi siempre, en sus reuniones, como hemos dicho, bonanzas de más o menos importancia. Pueden percibirse a veces algunas de estas reuniones aun en la superficie, como pasa en las laderas de la barranca de El Milagro, en pertenencias de la mina Vergarita.

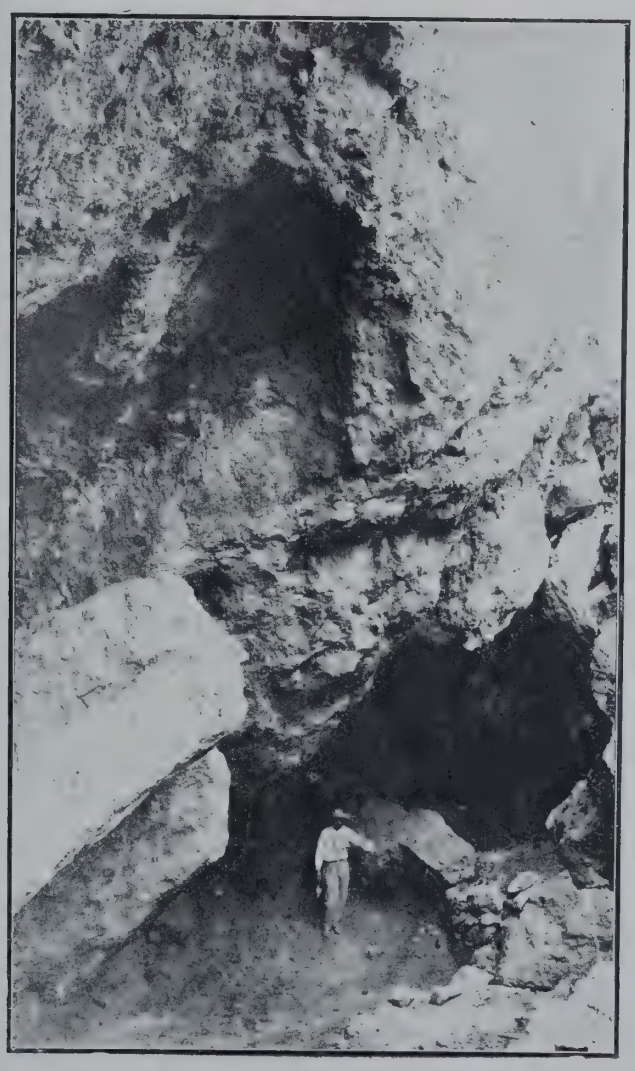
El socavón Neptón, cuyo rumbo magnético es de 26° 45' SE., corta a una serie de vetas y vetillas situadas al bajo de la veta de Arévalo aún más numerosas, como era de esperarse, dada su gran longitud, que es de 2,190 mts. hasta

Fotografía número 125. Mina de "San Vicente." Mineral de "El Cardonal."



Fotografía número 126. Boca del socavón de "Las Animas." Mineral de "El Cardonal."

Fotografía número 127. Laborío de "San Bernardo." Mineral de "El Cardonal."



Fotografía número 128. Mina de "La Derrumbada." Mineral de "El Cardonal."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

el corte de la veta de Arévalo y de cerca de 2,400 mts. en total. Estas vetas y vetillas son en número de 56 (cuyo rumbo y echado están anotados en el Plano del Socavón, lámina núm. 7), siendo, por otra parte, la mayoría de ellas de ninguna importancia industrial; muchas son muy angostas, de cinco a diez centímetros de potencia, de relleno arcillo-ferruginoso, que pueden clasificarse como verdaderas vetas-diaclasas, cuyos rumbos más frecuentes varían entre 65° NE. y 70° NW., con fuertes inclinaciones dominantes al W. De estas vetas sólo son de interés las números "53," "54" y "56" que son conocidas en la mina con el nombre de vetas Plomosas. La número "56" (fotografía número 74) llega a tener hasta 2.50 mts. de espesor máximo; una ley de 20% de plomo con 300 gramos plata y 3 gramos oro por tonelada, corre muy cerca del bajo de la veta de Arévalo y está, en algunos lugares, en contacto con este respaldo; el relleno metalífero de estas vetas es pobre en plata y difiere algo del de aquella veta, pues está formado por galena y blenda, dominantes, con alguna chalcopirita, especies minerales que indican un marcado carácter de mineralización profunda en los mencionados criaderos.

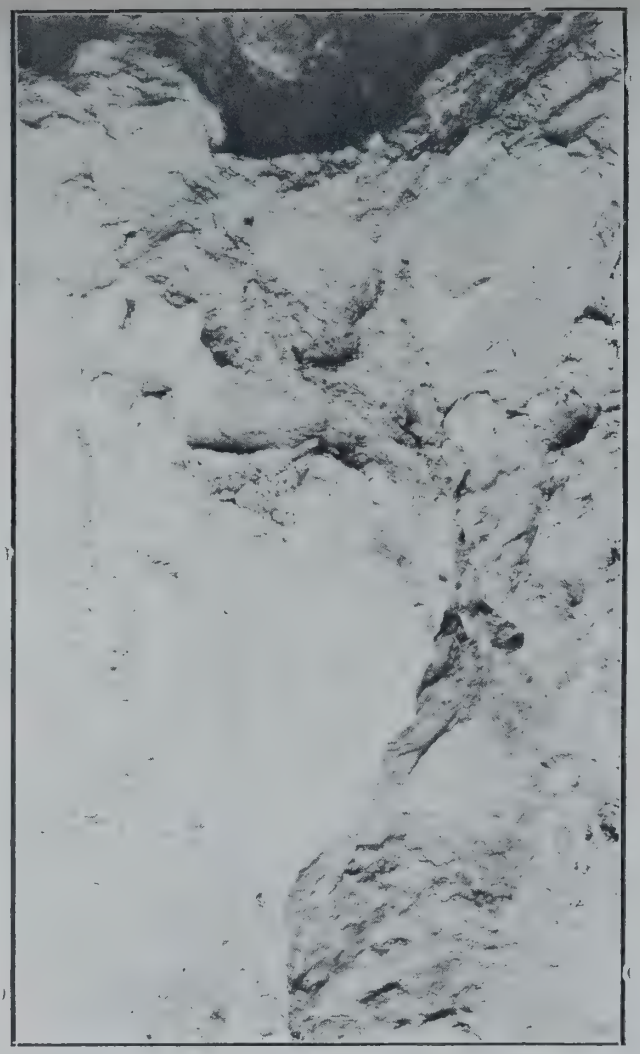
Las vetas situadas hacia el Norte de la de Arévalo son en lo general angostas, y corren más o menos paralelamente a la de Arévalo; aunque hay algunas también de rumbo 60° NW. y 70° NE., como el que tienen las vetas y vetillas anteriormente citadas, que han sido cortadas por el socavón Neptón. La localización de las principales de estas vetas puede apreciarse en el Plano de las pertenencias mineras del Distrito de El Chico (lámina núm. 8), que publicamos anexo a este informe ; todas arman en andesita y varias tienen un echado contrario al de la de Arévalo, es decir, al N. Los trabajos de la mayor parte de las minas se encontraban en la época de nuestra visita, completamente paralizados y muchos de los laboríos caídos o inundados, siendo, por consiguiente, inaccecibles parcial o totalmente; así es que sólo pudimos estudiar algunas de estas vetas en la superficie, en sus crestones o en aquellos laboríos que eran parcialmente accesibles. Las que tuvimos ocasión de estudiar en estas condiciones, fueron las de La Fortuna, San Marcial, Montaña de Oro, San Carlos o Investigadora, Santa Rosa Pabellón y una red de vetillas muy angostas, de carácter netamente aurífero, que se encuentran situadas en la falda septentrional del cerro de la Gran Compaña, las cuales se explotaron por una serie de socavones escalonados.

La mina de La Fortuna cuenta con un socavón de 2° SE. de rumbo (fotografía número 67) y de 140 mts. de longitud, que comunica con un corto laborío (lámina núm. 9) abierto en una veta argentífera, de una potencia variable entre 80 centímetros y 1.50 mts., cuyo rumbo medio es de 60° NW. y que presenta un echado contrario al de la veta de Arévalo, es decir, hacia el NE., de 75°. Los labrados que pudimos visitar en esta mina eran muy superficiales y estaban en gran parte arruinados; el relleno de la veta era cuarzoso con algo de calcita, y existían en el patio de la mina algunas muestras del mineral extraído en otro tiempo, en las que se veían sulfuros de plata negros, principalmente argentita. Según informes que se nos suministraron en la mina, los metales ensayaban en común 900 grs. de plata y 3 a 4 grs. de oro, por tonelada. La veta de San Marcial atraviesa transversalmente a la cañada de El Milagro en un punto situado 400 mts. al N. del sitio de confluencia del río de Tetitlán con el de El Milagro, conocido con el nombre de Las Adjuntas; de esta veta pudimos estudiar únicamente el crestón y una pequeña porción de su cuerpo en un socavón de corta longitud que está situado en la margen izquierda del río de El Milagro, pues

el tiro y socavón principal de entrada a esta mina, que se encuentran en la margen opuesta de la cañada donde se ve una antigua rueda hidráulica de madera (fotografía número 65), eran completamente inaccesibles. En el mencionado socavón, la veta tiene un rumbo de 60° NE. y 52° de echado al NW. Su crestón, que se distingue en la superficie por su naturaleza cuarzosa y por formar una ancha faja de minerales oxidados, se dirige hacia el NE, hacia las pertenencias de San Andrés, Carlota y Montaña de Oro, con algunas soluciones de continuidad en un terreno desnudo de vegetación que permite seguirla en un tramo de más de 2 kilómetros y medio e identificarlo como el mismo que corresponde a la veta de Montaña de Oro y que constituye por lo tanto su extremidad oriental. La veta del Pabellón se encuentra aproximadamente a 5 kilómetros al NW. de la población de El Chico y está situada en las faldas de los cerros de La Yerba y de Las Vigas, cerca de la barranca que es conocida en su confluencia con el río del Milagro con el nombre de Los Panales. Cuenta esta mina con un laborío formado por el tiro de San Fermín, cuyo brocal está a 2,170 mts. sobre el nivel del mar y con los socavones números 1 y 2, éste último de 12° SE. de rumbo, con su boca a 2,100 mts. de altura absoluta y con una longitud de 160 mts.; está muy bien localizado y corta a los 150 mts. a una veta argentífera de una potencia variable entre 1 y 2 mts., con un rumbo de 65° NW. y una inclinación al SW. de 83°. Esta veta, como la de San Marcial, es de gran interés porque en el relleno de ambas se presentan en abundancia (sobre todo en la del Pabellón) los sulfo-arseniuros y sulfo-antimoniuros de plata, cuya presencia en su relleno indican la existencia de un nuevo horizonte mineralizado menos profundo, geológicamente hablando, que el de la veta de Arévalo, la que, como hemos visto, presenta en su cuerpo desde la superficie del terreno, un carácter muy marcado de mineralización profunda.

En la mina de Montaña de Oro se explota una veta de carácter aurífero que arma en andesita porfirítica; su tipo corresponde al de una *"true fissure vein,"* cuyo relleno está constituído por pirita, óxidos de fierro y manganeso, en la masa del cual se presentan grandes trozos aislados de la andesita porfirítica (fotografía número 80), que se han desprendido de los respaldos y han sido cementados después por el relleno mineral. El rumbo y echado de esta veta es análogo al de San Marcial; su cuerpo es robusto y sobre él se ha labrado un largo socavón (fotografía número 66), de 230 mts. de longitud, de la extremidad del cual parte un crucero al S., trazado para cortar algunos cuerpos paralelos al principal, que aparecen en la superficie del terreno con crestones bien definidos. El socavón, en su primera porción, que es recta, tiene un rumbo de 70° NE. y una longitud de 110 mts.; en su segunda porción, que está labrada sobre veta, es de un rumbo medio de 55° NE. y de una longitud de 120 mts.; en esta segunda porción del socavón puede notarse la abundancia de pirita y óxidos de fierro y manganeso en el relleno de la veta, y en las salbandas de los respaldos una serie de manchas formadas por óxidos de fierro en zonas concéntricas, de color amarillo de diversos tonos, que se han originado al oxidarse las piritas del relleno de la veta (fotografía número 81). Tanto esta veta como las que hemos estudiado antes (San Marcial, Pabellón, etc.) y algunas otras del Norte de El Chico, cuyos trabajos se encuentran actualmente paralizados, presentan buena espectativa y es probable que su exploración y explotación llevada en cierta escala, traiga una nueva era de desarrollo y prosperidad en ese Distrito Minero.

Fotografía número 129. Explotaciones a tajo abierto, "comidos," de "Las Animas." Mineral de "El Cardonal."



Fotografía número 130. Otro aspecto de los "comidos" de "Las Animas." Mineral de "El Cardonal."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Fotografía número 131. Explotaciones a tajo abierto, "comido" de "San José." Mineral de "El Cardonal." (Se ve también la extremidad S. del cerro "Mineral.")

Fotografía número 132. Interior del "comido" de "San José." Mineral de "El Cardonal."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Las minas de Investigadora y San Carlos se encuentran localizadas sobre una misma veta cuyo rumbo medio es de 70° NE., con echado al S., comprendido entre 70° y 85°, y cuya potencia varía de 1 a 2 metros, siendo su relleno argentífero, con matrices de cuarzo y calcita. Esta veta, que arma en andesita cuarcífera, se encuentra al N. de la de San Marcial, atraviesa como ésta transversalmente el río de El Milagro, y ha sido explorada superficialmente por dos socavones: el de Investigadora y San Carlos. El de Investigadora tiene una longitud de cerca de 100 mts., corre hacia el W. del río de El Milagro y el de San Carlos hacia el E., con una longitud de 56 mts. En este último socavón el reliz del alto de la veta tiene un rumbo de 65° NE., con echado al SE. de 70°, y la veta una potencia de 2.10 mts. De la extremidad de este socavón parten dos cruceros hacia el N. y S., respectivamente, que después de atravesar a la parte mineralizada del criadero, cortan a la andesita cuarcífera de la región; esa parte mineralizada se presenta con mejor aspecto en la porción de la veta situada hacia el W. del río de El Milagro, que la del E. La veta de San Carlos está a 1,200 mts. al N. de Las Adjuntas, a unos 800 metros de distancia de esta veta, también hacia el N., se encuentra situada la veta de Santa Rosa, con rumbo y echado análogos a la de aquélla (San Carlos), pero con una proporción mucho mayor de calcita como matriz en su relleno metalífero, y su potencia media es de 1.90 mts. Todavía más al N. y siempre atravesando transversalmente al río de El Mialgro, se encuentran una serie de crestones (Alarcón, etc.) que corresponden a otras tantas vetas inexploradas.

En la falda septentrional del cerro de la Gran Compañía está la barranca de Santo Tomás, afluente del río de Tetitlán, donde se encuentran los socavones de El Laurel, Santo Tomás, Romanita y San Isidro, por medio de los cuales se explotaron en otro tiempo las vetas de Santo Tomás, San Isidro, Santa Rosa y Santa Rita, y una serie de vetas-diaclasas de carácter netamente aurífero. Las bocas de esos socavones se encuentran unas abajo de las otras, sucesivamente escalonadas, a distancias que varían entre 15 y 60 metros, y en los que pudimos visitar se ven cortadas varias de las mencionadas vetas que presentan un relleno metalífero constituído por blenda, galena y chalcopirita en su parte profunda y por óxidos de fierro y manganeso en la zona de oxidación, que es muy superficial. La potencia de estas vetas es en general reducida, aunque a veces llega a alcanzar algo más de un metro; su rumbo medio es de 60° NW., con inclinación al NE., variable entre 40° y 50°. Los minerales más ricos procedentes de hilos muy delgados que se presentan en el relleno llegaron a ensayar, según informes que nos suministraron, de 17 a 25 kgs. de plata y 250 grs. de oro, por tonelada. El socavón de El Laurel corta a un sistema de vetas-diaclasas de 44° NW. de rumbo medio, con echados unas veces al NE. y otras al SW.; conteniendo como especies minerales dominantes, blenda, chalcopirita y óxidos de manganeso, siendo sus leyes en oro también altas.

Durante nuestra visita a las pocas minas parcialmente accesibles del Mineral de Capula, que con los de Santa Rosa y Tepenené, forman el límite occidental de esta región minera, pudimos estudiar superficialmente la poderosa veta que se llama allí de Capula y algunas otras que como ésta, atraviesan a las rocas ígneas con una dirección general de E. a W. Hemos dicho ya en párrafos anteriores, que la veta de Capula se encuentra contenida en la gran fractura de Arévalo (no siendo por consiguiente, sino la continuación de la

veta de este nombre hacia el W.); que esta veta aflora presentando robustos crestones en diversos parajes de ese Mineral, tales como en el tiro de la Bomba, socavón de San José y barranca de Los Ailes; y al referirnos a su relleno metalífero, hicimos notar que domina en él la pirita y que su explotación ha producido minerales abundantes de baja ley. Sobre ella se han labrado las minas más importantes de la región, como son las de Capula (fotografía número 93), La Preciosa, San Eugenio y otras cuyos laboríos son relativamente extensos. Podemos decir de este Mineral que sus criaderos son de carácter netamente filoniano de relleno pobre o estéril, a lo menos en la parte superficial que pudimos visitar, y que su explotación en grande escala podría producir abundante carga de baja ley, que para ser costeable tendría que tratarse por los modernos procedimientos metalúrgicos en plantas establecidas cerca de las minas, pues este Mineral carece de buenas vías de comunicación.

En el Mineral de Santa Rosa tuvimos oportunidad de visitar las minas de Ernestina y La Cruz. La primeramente citada se encuentra a un lado del camino entre Santa Rosa y Pachuca y cuenta con dos socavones que han explorado una veta argentífera de 80° NW. de rumbo, con echado de 64° a 70° al SW. Estos socavones están comunicados con un tiro vertical que fué dado en la intersección de la veta principal con otra transversal que la corta, de dirección NW.-SE. y también con echado al S., en cuya intersección se presentó una chimenea mineralizada de forma de pirámide invertida; dichos socavones corren de E. a W. y están situados a 25 y 50 mts. abajo del brocal del tiro, respectivamente. Según datos que nos comunicó el señor Federico Turban, quien dirigió algunos trabajos de esta mina, las explotaciones habían alcanzado, por el año de 1909, una profundidad de 80 mts., y entonces se proyectó, para desaguar la mina, un socavón cuya boca quedó situada a 600 mts. al N. del crestón de Ernestina y que debía cortar a la veta a 190 mts. abajo del brocal del tiro; se colaron de este socavón unos 300 mts. y durante el cuele se cortaron tres vetas de baja ley, habiendo demostrado medidas cuidadosas posteriores, que el nivel del socavón estaba solamente a 90 mts. abajo del brocal del tiro, por lo que se suspendió su cuele, procediendo después a efectuar el desagüe del tiro con dos bombas de mano hasta el nivel 80, comprobándose, al llegar a este nivel, que la chimenea mineralizada que tenía 20 mts. de extensión a rumbo en la superficie, se reducía allí solamente a 6 mts. y que la mineralización se desviaba de la referida intersección de las dos vetas. La potencia de la veta principal varía entre 1.40 y 1.60 mts., y tuvo ley media de 350 gramos de plata por tonelada, presentándose en su cuerpo dos hilos ricos situados uno al alto y otro al bajo, con leyes, respectivamente, de 2 y 8 kilos de plata por tonelada. En el fondo del tiro, a 95 ms. de profundidad, la veta tenía ya solamente una potencia 60 cents. y su ley media era de 200 gramos, por lo que tuvieron que paralizarse los trabajos.

La veta más importante que se explota en la mina de La Cruz (fotografía número 100) tiene un rumbo medio de 77° NE., con echado al SE. de 66° y una potencia máxima de 2 mts. y mínima de 0.20 mts. y presenta una mineralización francamente argentífera más bien concentrada que profusa, siendo su ley media de 800 gramos plata por tonelada con algunos granos de oro. Existen además una serie de vetas más angostas o simples diaclasas, situadas al alto de la veta principal, cuyos rumbos varían entre 82° NW. y 80° NE. y 2° NE., con echado dominante al S., de las cuales algunas presentan caracteres bien marcados de minaralización. Estas vetas y vetillas pueden estudiarse

Fotografía número 133. Exterior de la mina de "La Derrumbada." Mineral de "El Cardonal."

Fotografía número 134. Mina arruinada de "La Soledad." Mineral de "El Cardonal."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Fotografía número 135. Antiguos hornos de fundición de los alrededores del Mineral de "El Cardonal," en actual uso.

Fotografía número 136. Nuevo horno de fundición (water jacket), de la fundición de Chalmita, Mineral de "El Cardonal."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

en el socavón número 2, en donde están cortadas en el orden que se anota en el plano respectivo de esta mina (lámina núm. 13). Tanto la veta principal como las que se encuentran a su alto, arman en la andesita verde, porfirítica, que forman los dos tercios inferiores de la sierra de Pachuca (fotografía número 97), rocas que aparecen claramente en la superficie a un lado del camino que une a este Mineral con Pachuca. Solamente en la región occidental de la mina es donde cambia el panino en que arman estas vetas, pues se presentan allí poderosas intrusiones riolíticas, cuya aparición se manifiesta claramente en la superficie del terreno, en los alrededores del Mineral de Tepenené, bajo la forma de pequeños macizos ígneos o robustos crestones, intrusiones riolíticas a las que se debe que en esta mina las fracturas en las cuales se encuentran contenidas las vetas, se estrechen, se desvíen de su rumbo general, cambien su inclinación y aun desaparezcan completamente, como sucede en la frente W. por crucero S. 300, al nivel del socavón número 2, donde se presenta una intrusión de una riolita de textura sumamente fluidal en la que se angosta mucho la fractura en que está contenida la veta, siendo probable que en esta mina las fracturas continúen más francamente hacia el E. que hacia el rumbo opuesto. En la frente E. del piso 28 la veta aparece con sus respaldos bien definidos de 72° NE. de rumbo y con echado al SW. de 58°; entre el piso 28 y el 53, el plan 37, que sirve de camino, tiene una inclinación de 48° que coincide con la de la veta entre estos dos pisos. El relleno metalífero de las vetas de esta mina es muy semejante a las de Capula, pero contiene menos pirita y como matrices dominantes cuarzo compacto o careado ferruginoso.

En el Mineral de Tepenené, que constituye el extremo occidental de esta zona minera, existen pequeñas y numerosas minas abandonadas, con sus labrados inaccesibles (Gran Poder de Dios, La Trinidad, La Soledad, San Miguel del Oro, etc.), labradas todas sobre vetas argentíferas de corta extensión longitudinal, de rumbo general NW.-SE., con inclinación dominante al S., que, a juzgar por los terreros que se ven en algunos tiros y socavones, deben haberse explotado en corta escala y haber dado exiguos productos. En los cortes de algunas de estas vetas hechos por los pocos socavones accesibles que hay, pudimos notar que la estructura del relleno de muchas de ellas es brechiforme, y que su potencia es reducida. En la parte relativamente profunda alcanzada por esas obras, se ven las vetas armando en andesitas y en su parte superficial en brechas o tobas andesíticas. En la mina Poder de Dios existe un socavón parcialmente inundado, cuyo rumbo es de 75° NE., el cual va a cortar a la veta de ese nombre a 100 mts. de profundidad. En la superficie del terreno, entre las minas de Trinidad y Soledad, los crestones de las vetas se presentan cerca de un dique que, como hemos dicho antes, es continuación del poderoso dique riolítico que acompaña a la veta de Arévalo, siendo en ese lugar su rumbo variable entre 60° y 82° NW., con echado al SW. de 70°, echado que tiende en algunos lugares a cambiar al NE. El crestón de la veta de El Escribano tiene un rumbo medio de 70° NW. con echado al SE. muy mal definido, y existe en esta mina un largo socavón de cerca de 250 mts. de longitud que corta a varios cuerpos paralelos entre sí, de 77° NW. de rumbo y echado al SE. de 44° sobre los cuales hay labradas pequeñas frentes en las que aparecen estas vetas muy mal mineralizadas. En la falda NE. del cerro de El Niño hay varios crestones con rumbo de 75° a 80° NE. que arman en andesitas y brechas andesíticas.

Mineral de San Clemente. Los criaderos de este mineral, que se encuentra situado a unos 20 kms. al NE. de El Cardonal, son vetas auríferas cuya roca encajonante es la riolítica que forma el macizo ígneo de los cerros de San Clemente y El Roqui (fotografía número 120). Son verdaderas vetas diaclasas contenidas en sistemas de fracturas muy semejantes a aquellos en que se encuentran las vetas argentíferas que acabamos de describir; pero son sumamente angostas, pues su potencia es solamente de 1 a 10 centímetros. Su dirección general es de NW. a SE., con fuerte echado al Sur o casi vertical. Las vetas principales son las llamadas de San Clemente, de 84° NW. de rumbo, Purísima (79° NW.), Dolores (64° NW.), Santa Teresa (74° NE.), El Carmen (75° NE.), Maravillas (70° NW.), Santa Cruz (83° NE.), Santa Bibiana (89° NE.) (fotografías números 137 y 138), San Jacinto (87° NW.), Jalpa (65° NW.), Santa Victoria (69° NW.), Valenciana (27° NW.), y los grupos de Netzahualcóyotl y Nagarandó, situado hacia el N. del grupo anterior. El oro se encuentra al estado nativo en la porción enteramente superficial de estas vetas, algunas de las cuales presentan cierto carácter plumbo-cuproargentífero, como la de Santa Teresa, en cuyo relleno existen la galena, chalcopirita, cerussita y óxidos de fierro y manganeso; pero la mayor parte presenta un relleno constituído únicamente por arcilla que proviene de la kaolinización de los feldespatos de la riolita en que arman estas vetas. El oro es invisible a la lente, pero se descubre en la tentadura en granos gruesos, y se presenta, como acabamos de decir, en una zona muy superficial de las vetas, pues desaparece a algunos metros abajo de la superficie, profundidad que en algunas vetas ha sido apenas de 5 a 10 mts. Las leyes de los minerales tanto en plata como en oro son muy bajas, circunstancia que, unida a la escasa potencia de estas vetas, las hace incosteables.

Los análisis por plata y oro hechos por el profesor don Carlos Castro, en el Laboratorio Químico del Instituto, de ocho muestras recogidas por nosotros en los antiguos laboríos abiertos en estas vetas, dieron los resultados siguientes:

LOCALIDAD	ORO	PLATA
MINERAL DE SAN CLEMENTE	Gramos por tonelada	Gramos por tonelada
Veta Santa Bibiana (Número 1)	4	14
„ „ „ (Número 2)	6	10
„ „ „ (Número 3)	12	4
„ „ „ (Número 4)	34	26
„ de Dolores	16	4
„ San Gabriel	2	0
„ de Jalpa	10	6
„ Nueva (al bajo de la de San Gabriel)	16	4

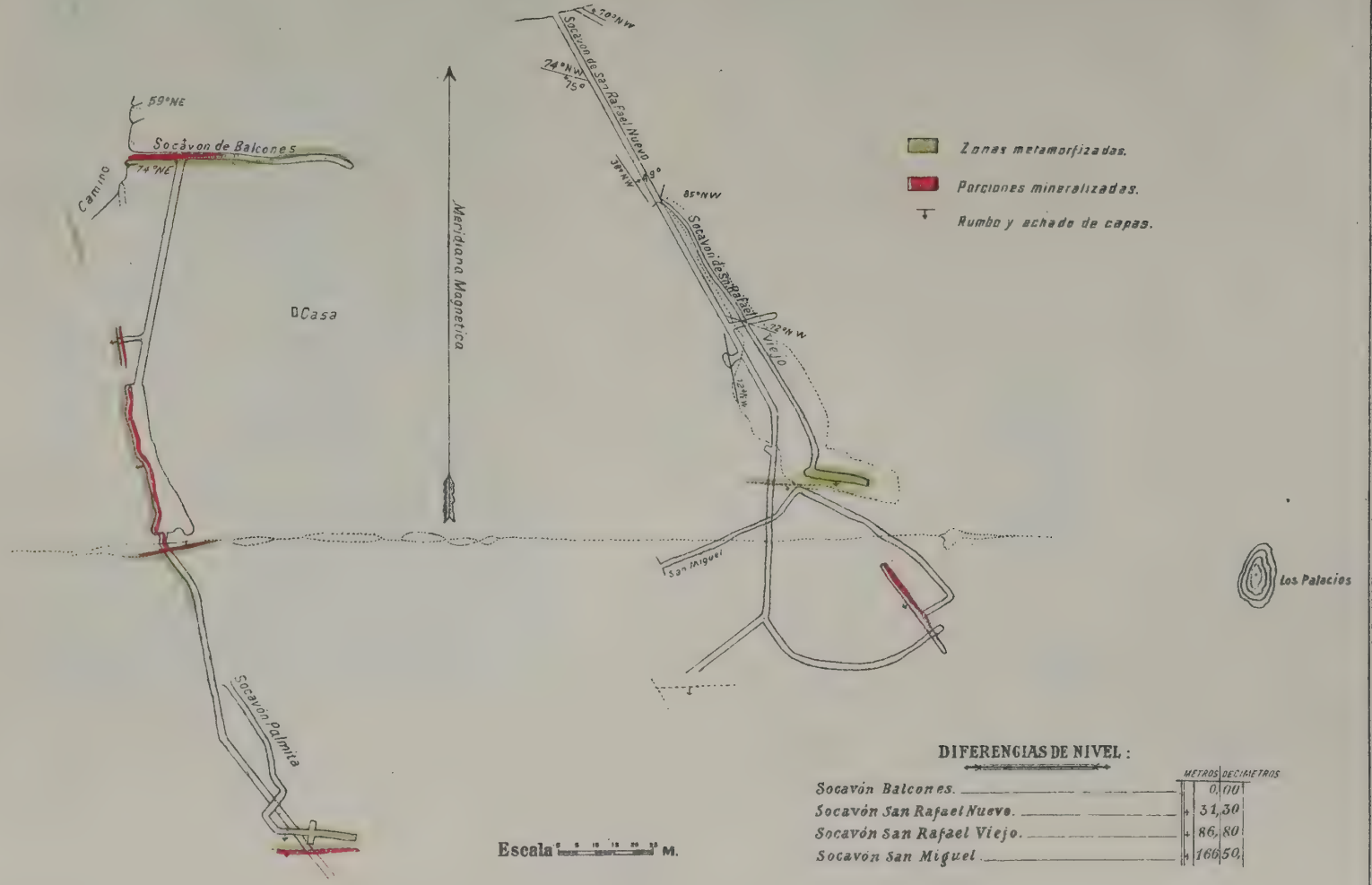
En el informe sobre el Mineral de El Cardonal, del señor ingeniero don Carlos F. de Landero, que hemos citado en otro lugar, este señor hace referencia a las vetas auríferas de San Clemente y dice que las leyes de las muestras minerales que recogió en la época de su visita (1), eran de 1 a 2 adarmes por carga de 12 @, que corresponden de 13 a 26 grs. por tonelada, agregando que, accidentalmente, se presenta allí el oro en pegaduras o delgadas laminitas y que las matrices en que se encuentra el oro son cuarzo

(1) Véase Naturaleza. Tercera serie. Tomo I, págs. 29 y sigs. México, 1910.

Plano del laborío de la mina de

"BALCONES," DISTRITO DE ZIMAPAN, ESTADO DE HIDALGO,

con indicación de las zonas metamorfizadas y porciones mineralizadas de la caliza



DIFERENCIAS DE NIVEL:

	METROS	DECIMETROS
Socavón Balcones.	0,	00
Socavón San Rafael Nuevo.	+ 31,	30
Socavón San Rafael Viejo.	+ 86,	80
Socavon San Miguel	+ 166	50

Talleres Gráficos de la Nación.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Fotografía número 137. Explotación en la veta aurífera de "Santa Bibiana." Mineral de "San Clemente."

Fotografía número 138. Explotación en la veta aurífera de "Santa Bibiana." Mineral de "San Clemente."

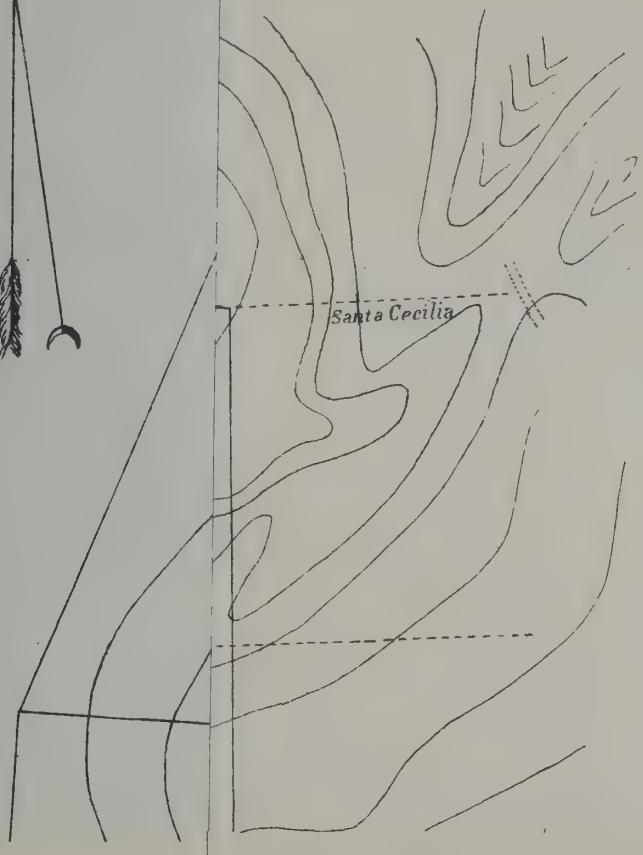
LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Fotografía número 139. Cañón de "El Diablo," en los alrededores de la gruta de Tonaltongo, situada al NE. del Mineral de "El Cardonal."

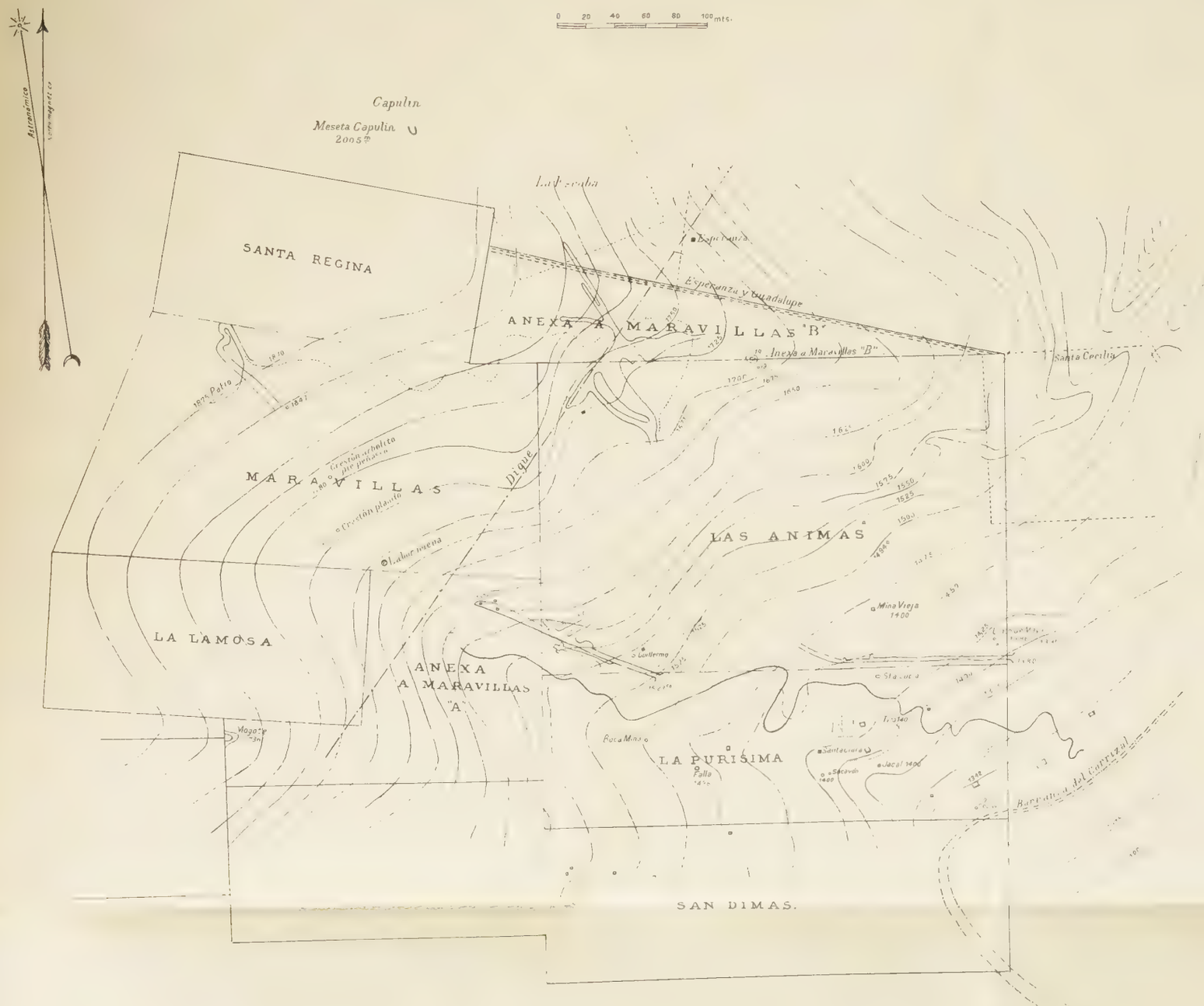
Fotografía número 140. Lecho del río de Tonaltongo, llamado también río Blanco. Alrededores de la gruta de Tonaltongo.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Astronómico
Norte magnético


Santa Cecilia

Plano de las pertenencias y laboríos de la mina de
"Las Animas." Zimapán, Edo. de Hidalgo.



Talleres Gráficos de la Nación

o arcillas ferruginosas. En cuanto a la cantidad de mineral de oro que se extraía y beneficiaba en pequeños arrastres por aquella época, dice el señor Landero en el citado informe, que era de 500 cargas (de 12 @) anuales que producían unos 200 marcos de oro metálico.

El señor don Aquilino M. de Parres, nos suministró, bondadosamente, algunos datos sobre la exploración y explotación de estas vetas por los años de 1910 y 1911, en que estuvo como administrador de la negociación de La Divina Providencia (fotografía número 124). Según sus informes, los trabajos de exploración que se emprendieron, dieron resultados negativos, pues por los trabajos llevados a cabo se vió que el oro desaparecía siempre a corta profundidad, siendo también muy limitada la concentración de la mineralización a rumbo, y resultando, por consiguiente, incosteable la explotación de estas vetas de reducida potencia. Las leyes más frecuentes variaban entre 6 y 20 grms. oro por tonelada, siendo excepcionales las de 200 grms. oro por tonelada, que sólo se obtenían de pequeñas masas de mineral o pequeños ejemplares muy ricos ("gallos"). El análisis de una muestra del mineral procedente de la veta de Santa Teresa, dió 50 % de plomo, 20% de cobre, 350 gramos de plata por tonelada y ninguna cantidad de oro. Para el tratamiento metalúrgico del mineral extraído se constituyeron dos presas para almacenar agua y se instaló una batería de 5 mazos, 2 alimentadores, 2 mesas concentradoras Wilfley y un motor de 30 caballos con su respectiva caldera, habiendo comenzado a funcionar esta pequeña planta metalúrgica a principios del año de 1911. En el tratamiento de 100 toneladas de mineral se obtuvieron:

1.50 kgs. de concentrado de una ley de 11 kgs. oro, por tonelada.
300 „ „ „ „ „ „ „ 738 grms. „ „ „
450 „ „ „ „ „ „ „ 100 „ „ „

habiendo quedado los jales con una ley media de 6 grms. oro por tonelada.

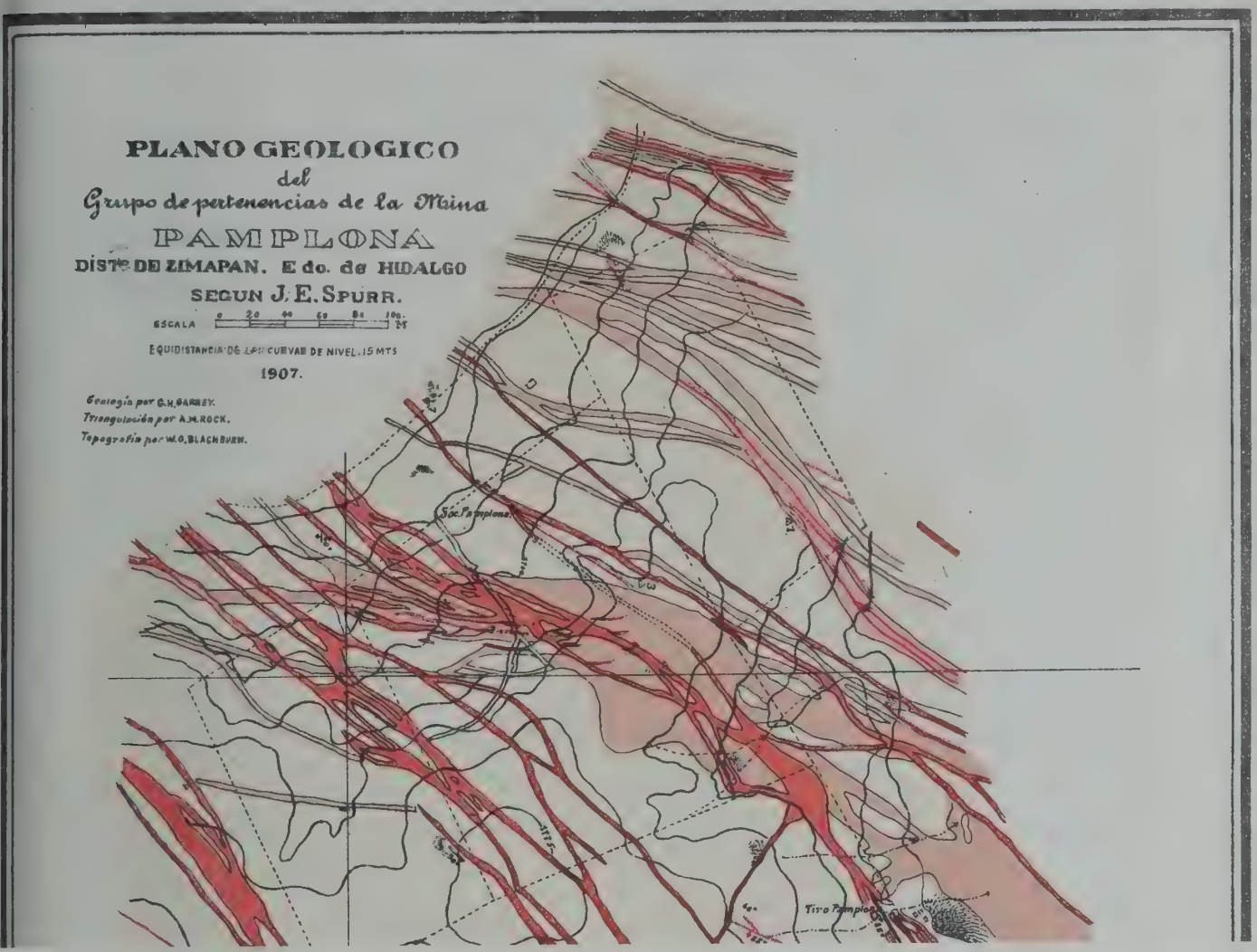
La naturaleza del terreno arcilloso de muchas de estas vetas parece demostrar una acción de concentración por aguas meteóricas descendentes que transportaron los productos de alteración de la roca de los respaldos al mismo tiempo que los minerales nativos que resultaron de la descomposición de los sulfuros metálicos que se encuentran en el relleno primario de estas vetas, originándose así un enriquecimiento secundario que fué muy limitado tanto a rumbo como a profundidad, probablemente por la dificultad que tuvieron para circular estas aguas descendentes en las diaclasas en que están contenidas estas vetas, muchas de las cuales deben haberse reducido a simples fracturas con sus planos de separación en contacto y que presentaron, por lo tanto, un espacio muy limitado para la circulación de las aguas mineralizantes a través de ellos. La mineralización de estas fracturas, dada la naturaleza y asociación de las especies minerales que se encuentran en su relleno metalífero, debe haberse efectuado por procedimientos hidatogénicos durante el enfriamiento y consolidación de las erupciones riolíticas de la región. Por lo anterior, se comprende que estas vetas tienen solamente un interés científico y ningún valor económico.

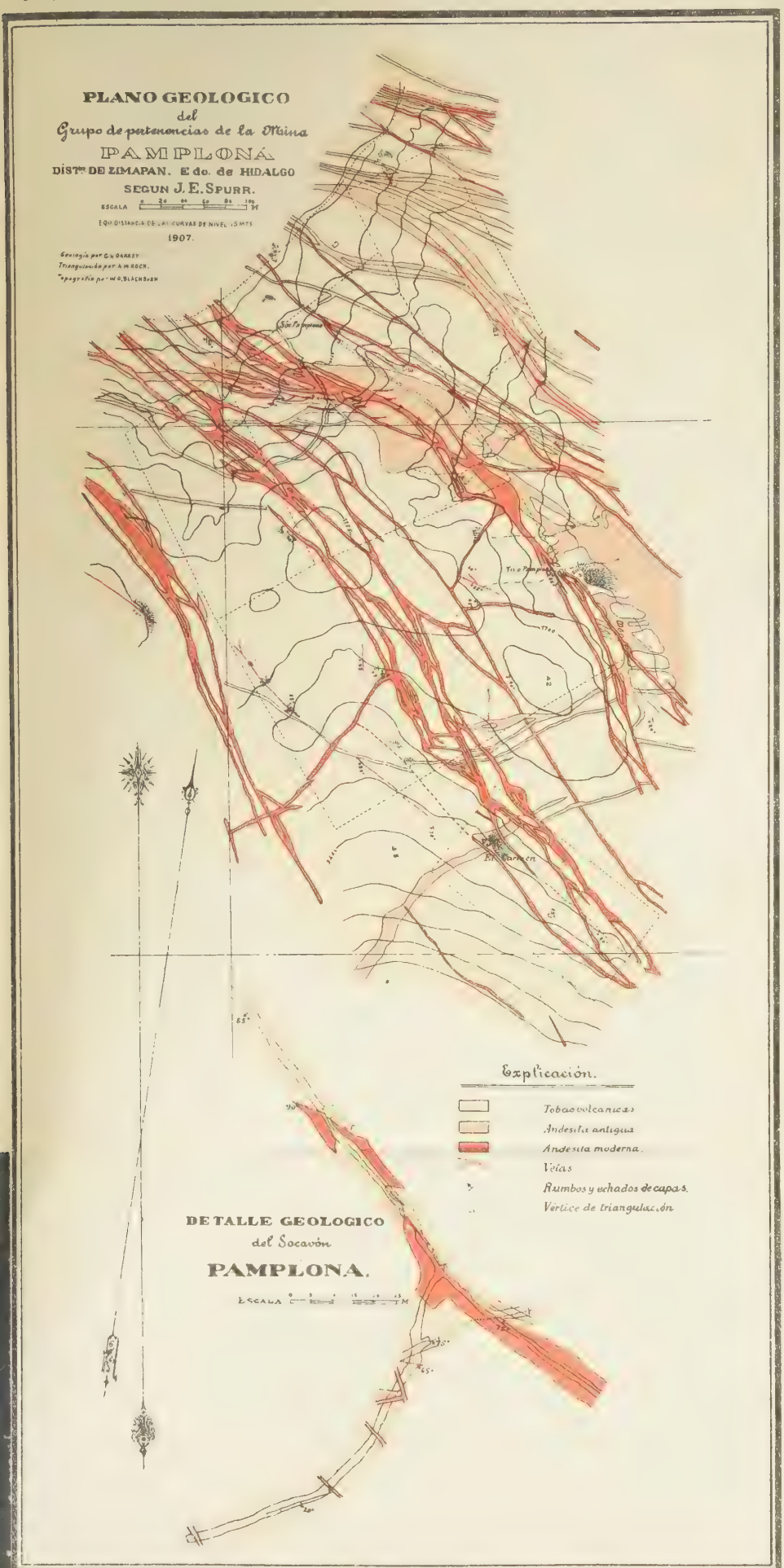
Zimapán. En este Mineral, no obstante que dominan en él las formaciones sedimentarias cretácicas, se presentan algunos criaderos minerales en rocas ígneas. Tales son las vetas que se explotan en las pertenencias de las minas de Nuestra Señora, El Hueco, San Fernando, La Cruz, Guanajuato y Pamplona, las que son angostas, de rumbo general NW-SE., con inclinación dominante al SW. y arman en andesitas y tobas andesíticas, siendo su re-

lleno metalífero de naturaleza plumbo-cupro-argentífero. La veta de Nuestra Señora tiene 50° NW. de rumbo medio, con echado variable entre 60° y 65° al SW., y es la misma que se explota en las pertenencias de las minas de El Hueco, San Fernando y La Cruz. Esta última mina, que es la más importante, se trabajó con actividad por los años de 1910 a 1911; pero en la época de nuestra visita se encontraba paralizada, con el agua a 60 mts. abajo del brocal del tiro, nivel que corresponde aproximadamente al del lecho de la barranca de Tolimán, cerca de cuya margen izquierda se encuentra situada esta mina, cuyo tiro cuenta con una horca de acero en bastante buen estado de conservación, con un malacate y con una planta de gas pobre susceptible de desarrollar hasta 130 caballos de fuerza.

Las minas de Guanajuato y Pamplona están situadas en la margen izquierda de la barranca de Tolimán y como la de La Cruz, se encontraban paralizadas e inundadas, no habiéndonos sido posible, por eso, estudiar estos criaderos más que en sus afloramientos, recogiendo datos sumamente interesantes. Los crestones tienen un rumbo variable entre EW. y 45° NW. con inclinación al SW., y son notables por presentar la particularidad de seguir la misma dirección o aun estar en contacto con los diques de andesita moderna (andesita sódica turmaliníferá de Johannsen) que atraviesan a la andesita antigua y tobas volcánicas de los alrededores de estas minas. De la actitud y disposición de estos diques andesíticos, que son muy angostos y numerosos, puede juzgarse por la inspección del plano geológico de J. E. Spurr (lámina núm. 29), que debemos a la bondad de Mr. J. Amstrong, gerente de The Hidalgo Copper Mining Co., de Zimapán. Tanto las andesitas antiguas como las tobas volcánicas de esta región, por efecto del metamorfismo ígneo provocado por la aparición de estos diques y los criaderos minerales, se encuentran sumamente silicificadas y tienen un marcado carácter ácido, presentando en el campo la apariencia de verdaderas riolitas y tobas riolíticas. Las fracturas en que están contenidas las vetas de estas minas y sus alrededores tienen un rumbo medio de NW. a SE. que coincide con la dirección general de los ejes de los pliegues de las calizas y pizarras arcillosas que existen en esta extremidad de la zona estudiada, y con la de los otros accidentes tectónicos de que tratamos detenidamente en el lugar correspondiente, así es que puede inferirse, con fundamento, que estas fracturas fueron originadas por los mismos esfuerzos orogénicos, de dirección NE-SW., que plegaron, fracturaron y dislocaron los sedimentos cretácicos, los cuales esfuerzos, al afectar a estas rocas ígneas por varias veces sucesivas, originaron en ellas fracturas y reaperturas en aquellas que habían sido ya rellenadas. Este relleno se hizo al principio y al menos en dos épocas sucesivas por andesitas, formándose entonces los numerosos diques andesíticos a que hemos hecho referencia y después por las aguas termominerales, que al circular a través de las fracturas y citadas reaperturas, durante el enfriamiento de estas rocas ígneas, depositaron en ellas las sustancias minerales que se encuentran en su relleno, originándose así las vetas minerales de esta región.

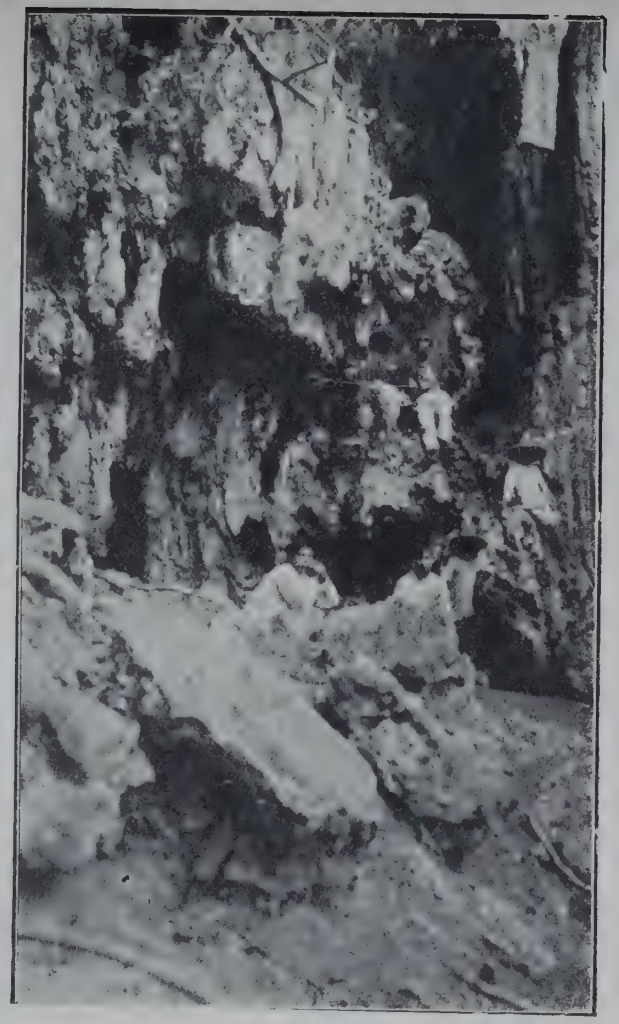
Criaderos contenidos en rocas sedimentarias.—Mineral de El Cardonal. Los depósitos minerales del Distrito de El Cardonal están todos contenidos en calizas cretácicas y se localizan en el tercio superior del cerro llamado Mineral o de Las Minas (fotografía número 115), que se encuentra situado al N. y muy cerca del pequeño poblado de este antiguo centro minero (fotografía número 112). Hemos dicho antes, al hablar de la estructura geológica y tec-


PLANO GEOLOGICO
del
Grupo de pertenencias de la Mina
PAMPLONA
DISTO DE ZIMAPAN. E do. de HIDALGO
SEGUN J. E. SPURR.
ESCALA
EQUIDISTANCIA DE LAS CURVAS DE NIVEL 15 MTS
1907.
Geología por G. H. GARREY.
Triangulación por A. M. ROCK.
Topografía por W. O. BLACKBURN.
Tiro Pamplona

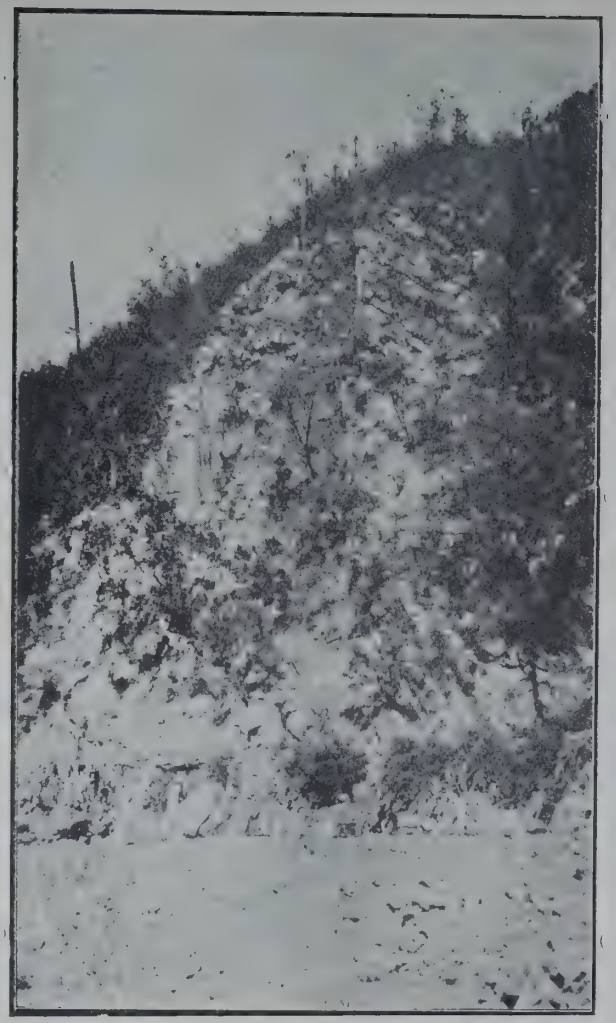

PLANO GEOLOGICO
del
Grupo de pertenencias de la Mina
PAMPLONA
DISTTO DE ZIMAPAN. Edo. de HIDALGO
SEGUN J. E. SPURR.
ESCALA
EQUIDISTANCIA DE LAS CURVAS DE NIVEL 15 MTS
1907.
Geología por C. N. GARREY
Triangulación por A. H. ROCK.
Topografía por W. O. BLACKBURN
Explicación.
Tobas volcanicas
Andesita antigua
Andesita moderna.
Vetas
Rumbos y echados de capas.
Vértice de triangulación
DETALLE GEOLOGICO
del Socavón
PAMPLONA.
ESCALA

Fotografía número 141. Boca de la gruta de Tonaltongo. En el fondo se ven los dos grandes chorros que muestra la fotografía número 147.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



Fotografía número 142. Pliegues de capas calizas en el lecho del río de Tonaltongo. Alrededores de la gruta del mismo nombre.



Fotografía número 143. Depósitos de "Travertino" en el lecho del río de Tonaltongo, alrededores de la gruta del mismo nombre.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

tónica de la región, que la arquitectura de esta eminencia caliza corresponde a la de un gran pliegue anticlinal y que es el eje fracturado de este anticlinal donde se alojan los criaderos plumbíferos de este Distrito, e hicimos también notar que dicho eje no coincide con las crestas de la citada eminencia, sino que se desvía hacia el W., circunstancia a la que se debe que la mayoría de los depósitos minerales se encuentren situados en la vertiente occidental del cerro Mineral. Estos depósitos participan de los caracteres de los criaderos epigenéticos y de los de sustitución y afectan la forma de masas irregulares alargadas, cuya dirección coincide unas veces con la estratificación general de las calizas y otras se interpone más o menos transversalmente a esta estratificación, cuando la mineralización se ha efectuado en las fracturas que cruzan a estas calizas con rumbos variables entre 20° y 80° NW. y NS. Las especies minerales dominantes en la zona de oxidación de estos criaderos, que era la única accesible en la época de nuestra visita, son la cerussita y óxidos de fierro, siendo menos frecuente la galena y raras la anglesita y vanadinita. La potencia de los criaderos es, por lo general, pequeña, cuando el depósito se ha verificado en una fractura, siendo en cambio muy ancha (hasta de diez metros) cuando corresponde a una serie de bancos calizos sustituídos y mineralizados. Las matrices que con más frecuencia se presentan son: calcita, cuarzo, siderita, barita y celestita, siendo de notar que estas dos últimas existen en el relleno de estas vetas en cantidad bastante apreciable para poder ser explotables, como sucede, por ejemplo, en la mina de San Antonio el Viejo, donde forman vetillas de alguna potencia, como veremos al estudiar los criaderos no metálicos.

Los minerales ensayan en promedio 10 % de plomo con poca o ninguna plata (hasta 200 grms. como máximum por tonelada), siendo por esto conocido este Mineral como lo hicimos ya notar al referirnos a su historia, con el nombre de Mineral del Plomo Pobre.

La formación de estos criaderos está en estrecha relación genética con las erupciones riolíticas de la región y los dividiremos para su estudio en tres grupos que se caracterizan por las minas más importantes que existen en cada uno de ellos y que son, respectivamente, las de La Punta, San Vicente y Providencia, las cuales constituyen núcleos alrededor de los que se agrupan otras numerosas minas.

La mina de La Punta se encuentra situada en la falda meridional del cerro Mineral (véase el plano geológico, lámina núm. 18), a unos 100 mts. de altura sobre el nivel de la población, y alrededor de ella se agrupan las llamadas San Bernardo (fotografía número 127), San Antonio el Mozo (fotografía número 115), Animas (fotografía número 126), y La Cruz. Se penetra a ella bien por la bocamina de La Punta o por la de La Palma, situada esta última al SE. de la primera. El levantamiento geológico de esta mina se hizo apoyándose en los machotes del levantamiento topográfico que se señalan con números en el plano (lámina núm. 18). Al descender por la bocamina de La Punta, que corresponde al machote 49, se observan tobas y brechas calizas que descansan sobre la caliza y forman sobre ella una capa de poco espesor. Continuando el descenso, se observa la caliza muy marmorizada, no siendo por esto visible su estratificación, sino solamente fracturas de 45° NE. de rumbo y 46° de echado al SE., algunas de las cuales están mineralizadas, presentando en su relleno limonita y calcita. En el machote 53, a una profundidad de cerca de 20 mts., una de estas fracturas forma una vetilla cuya potencia aumenta hasta llegar a ser de cerca de 2 mts. y sobre ella va el laborío de la mina

hasta el machote 55; el relleno de esta vetilla contiene ya, a esta profundidad, cerussita acompañado de óxidos rojo y amarillo de fierro. En el laborío anotado con la letra B en el plano, aparecen bancos calizos con espesores variables entre 25 cms. y 1 metro, de rumbo 10° NE. y echado al SW. 28°, que se ven atravesados por fracturas de dirección casi EW. con echado al S. de 58°. En el sitio que se marca con la letra C, aparecen fracturas de 17° NE. de rumbo y 58° de inclinación al NW., que continúan hasta los niveles inferiores, entre los machotes 60 y 61 (a 45 mts. de profundidad). Probablemente estas fracturas son solamente aparentes y corresponden a los lechos de estratificación de las calizas que presentan todavía a esa profundidad señales de marmorosis, pues algunos metros más abajo, en el laborío marcado A en el plano, los bancos de calizas se presentan ya bien definidos con el mismo rumbo e inclinación (17° NE. y 58 al SW., respectivamente) que el de las fracturas citadas. Entre los machotes 61 y 62, los bancos se presentan sustituídos y mineralizados y constituyen allí criaderos que han sido ya explotados. En esta porción de la mina se pueden notar los dos modos de mineralización de estos criaderos a que hemos hecho referencia: uno, según fracturas, que muchas veces son normales a la estratificación general de la caliza, y, otro, según los bancos mismos, los que por sustitución metasomática han pasado a ser bancos de mineral.

Desde el machote 62 hasta el 65 va el laborío sobre una brecha caliza cuyos fragmentos, de tamaño variable, no exceden de 20 centímetros y no aparece ningún indicio de mineralización. Del machote 65 se desciende a la parte principal del laborío, comprendido entre los machotes 85 y 86 (a unos 85 mts. de profundidad) en donde se encontró una bolsa de mineral rico, ya explotada en su totalidad, cuya dirección fué de 45° NW. La presencia de las brechas calizas desde la entrada de esta mina hasta estos laboríos inferiores, demuestra la intensidad del fracturamiento y resquebrajamiento de las calizas, cuyos fragmentos cayeron dentro de las fracturas y fueron cementados más tarde al precipitarse el carbonato de calcio, disuelto por las aguas meteóricas descendentes que circularon por fracturas y cavidades preexistentes en las calizas. Del hueco o comido que quedó después de la explotación de esta bolsa, parte un estrecho cañón hacia el NW. en el cual se presentan bancos calizos con 30° NW. de rumbo y 60° de inclinación hacia el SW., sigue después, comunicado con este cañón, el pozo de San Dimas, en el que se presenta un reliz muy claro de 35° NW. de rumbo y 72° SW. de echado que coincide con la dirección de los bancos calizos. Al S. del comido se extiende un laborío sobre una zona mineralizada; en el machote 82 (a 75 mts. de profundidad) la potencia de la zona mineralizada es considerable y su rumbo y echado es de 60° NW. y 68° al SW., respectivamente. La mineralización continúa en el pozo número 3, que está labrado siguiendo la estratificación de los bancos de caliza, los que tienen allí un rumbo de 80° NW. y un echado de 50° al SW. y los frutos se presentan en el alto; pero a los 12 mts. abajo de la boca del pozo desaparecen y sólo han quedado bancos calizos sin mineralización. Del comido principal parte hacia el S. un tercer laborío, comprendido entre los machotes 69 y 70, abierto en fracturas mineralizadas de 50° NW. de rumbo y 60° de echado al SW., rumbo e inclinación que coinciden con el de las capas del machote 84 y pozo número 3, siendo, por lo tanto, estas fracturas solamente aparentes; en ellas se presenta mineralización y continúan desde el machote 43, en donde se inicia un nuevo laborío, hasta el pozo número 2, donde se observa una red de fracturas cuyo rumbo

Fotografía número 144. Entrada al túnel abierto para comunicar con la gruta de Tonaltongo, alrededores del Mineral de "El Cardonal." (En la fotografía puede notarse la vegetación cubierta por los depósitos calcáreos, "travertino," de las aguas incrustantes de esta fuente termal.)

UNIVERSITY OF ILLINOIS

Fotografía número 145. Otra vista de la boca de la gruta de Tonaltongo. Alrededores del Mineral de "El Cardonal."

Fotografía número 146. Interior del primer salón de la gruta de Tonaltongo. Alrededores del Mineral de "El Cardonal."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

e inclinación están señalados en el plano. En este pozo, que sigue en gran parte a los bancos calizos, se pierde la mineralización a unos 18 mts. de profundidad. En el último tramo de la mina, desde el pozo número 2 hasta la bocamina de La Palma, no se nota ya estratificación clara de las calizas y se sigue sobre zonas mineralizadas pobres en las que se han labrado obras muy estrechas que no permiten ver los accidentes de la roca encajonante; en el machote 13 aparecen de nuevo las tobas y brechas calizas cubriendo a las calizas en la misma forma que la bocamina de La Punta. El laborío en esta mina, como en todas las de este Distrito, está formado por pasos y cañones muy sinuosos y angostos llevados sin ningún orden ni sistema, que comunican entre sí y con salones que han quedado después de concluída la explotación de bolsas ricas de mineral; las estrechas dimensiones y la fuerte pendiente de estas obras de comunicación están indicando que se siguieron solamente, por los trabajos de "buscones," los hilos ricos que se encontraban dentro del relleno mineral.

Las observaciones que anteceden, relacionadas con las hechas en la superficie del terreno, permiten distinguir dos especies de cavidades que sirvieron de caja a los depósitos minerales que se han explotado en ella, que son, por una parte, fracturas aparentes de rumbo variable entre 60° y 45° NW. y echado dominante al SW., dirección e inclinación que coinciden con la estratificación general de las calizas, cuyos bancos sustituídos y mineralizados constituyen en ese caso criaderos metalíferos, y por otra parte, verdaderas fracturas, con frecuencia más o menos normales a esa estratificación, las cuales, rellenadas y mineralizadas, dieron lugar, a su vez, a depósitos minerales epigenéticos. Estas fracturas mineralizadas, en sus intersecciones con los bancos calizos sustituídos, originaron a veces concentraciones de mineral que afectaron la forma de bolsas más o menos ricas, cuyo rumbo medio coincide con la estratificación general de la caliza.

El grupo de minas de San Vicente está formado por la mina de este nombre y las de San José, San Miguel, Derrumbada, La Soledad, (fotografía número 134), Santa Rita, Saltillo, Balcones y San Joaquín, que ocupan la parte más elevada del cerro Mineral, estando situadas varias de ellas muy cerca de su cima como las de Santa Rita y Derrumbada (fotografía número 128). De este grupo es sin duda una de las más importantes la mina de San Vicente y excepcionalmente una de las menos mal trabajadas; cuenta con un largo socavón a corte, bien labrado, de 500 mts. de longitud, orietado en su mayor parte de S. a N. (véase el plano de la lámina núm. 19). Con este socavón se exploró la parte central del macizo del cerro Mineral y comunica los labrados de la mina Soledad con el exterior. En el primer tramo del socavón se presentan las calizas con una vaga estratificación, casi borrada por un intenso metamorfismo regional, estratificación que en la última parte del socavón se define claramente, siendo allí el espesor de los bancos de caliza variable entre 0.80 mts. y 1.20 mts. y su rumbo de 28° a 42° NW., con inclinación al NE., comprendida entre 26° y 48°. El socavón corta a los 32.50 mts. de su boca al poderoso "bolsón," conocido con el nombre de El Carmen, y más adelante a los de Santa Juana (a 203 mts. de su boca), y San Antonio (a los 282 mts.). La forma en que se presentan estos tres "bolsones," que son los principales explotados en esta mina, caracteriza bien á estos depósitos minerales, pues se puede notar que unas veces se localizan según fracturas cuyo rumbo concuerda bastante con la dirección general de los ejes de los pliegues de las calizas (cuya orientación es NW-SE.) y otras aparecen coincidiendo con la dirección misma de

los bancos calizos, los cuales han sido totalmente sustituídos por sulfuros de plomo, fierro y zinc que al sufrir la oxidación, carbonatación y sulfatización propias de la zona situada arriba del nivel hidrostático, se han convertido en óxidos de fierro y carbonatos y sulfatos de plomo.

El socavón de Providencia, que con las minas de La Cueva, Jesús, San Juan Viejo y San Juan Aparicio, constituye el tercer grupo, es interesante por estar abierto en una cresta anticlinal que divide este grupo en dos zonas distintas: la de Jesús, localizada principalmente en fracturas, y la de La Cueva y San Juan Aparicio, localizada en bancos sustituídos metasomáticamente, pudiendo considerarse ambas zonas como correspondiendo a mineralizaciones que se concentraron en los dos flancos del referido pliegue anticlinal, en el cual existe, además, una serie de pequeños pliegues secundarios atravesados también por el socavón, cuyos ejes tienen la particularidad de seguir todos, tanto el principal como los secundarios, la dirección NW-SE. que parece ser el principal accidente tectónico de la región.

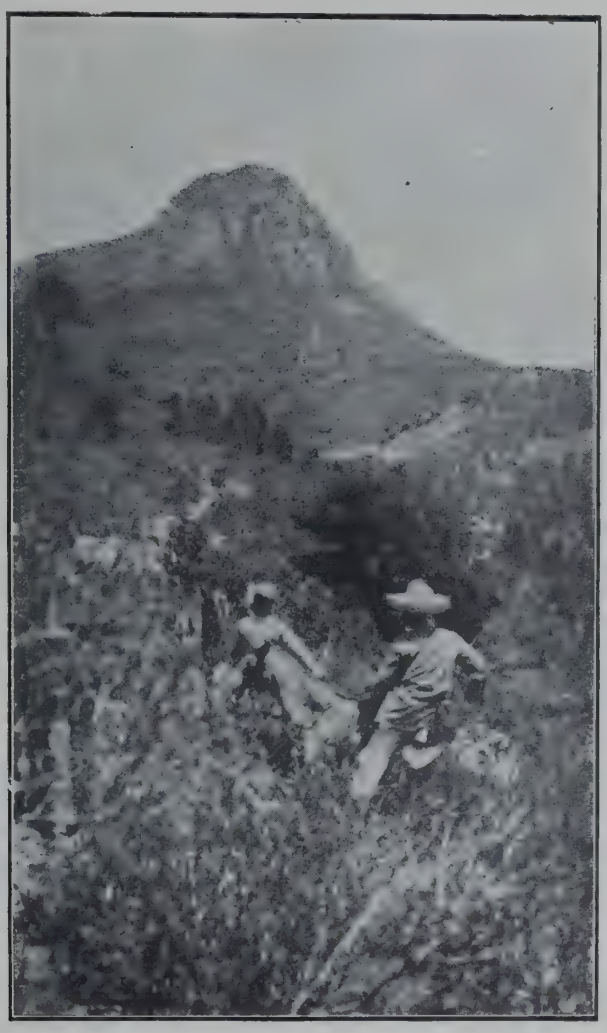
El rumbo del socavón es de 65° SW., casi perpendicular al rumbo medio de los estratos, pudiendo hacerse en dicho socavón, por esta circunstancia, en muy buenas condiciones, el estudio del plegamiento; su boca se encuentra en la barranca de Providencia, la cual sigue una dirección general de 25° NE. y parece cortar al mencionado pliegue anticlinal; pero visible en la superficie del terreno. La visita que efectuamos a este socavón nos permitió confirmar esta apariencia: en el primer tramo de su entrada los bancos calizos tienen un espesor variable entre 20 y 35 centímetros y un echado hacia el SW., después cambia este echado hacia el NE., presentando la estratificación fuertes trastornos en el punto de cambio, y después, ya casi en su tope, los bancos vuelven a inclinarse otra vez hacia el SW. Estos cambios de echado se manifiestan también en el grupo de boca-minas, situadas como el socavón en la barranca de Providencia, pero a niveles superiores, y que son las de Sangre de Cristo, Santo Domingo, Guadalupe y Jesús.

La zona de oxidación de estos criaderos minerales no parece extenderse mucho a la profundidad y es probable que no sobrepase demasiado a la de 250 a 300 mts., alcanzada por los trabajos más avanzados. En algunas minas se presenta la galena en los laboríos profundos, en mayor proporción que la que existe en las zonas superiores, donde dominan los carbonatos de plomo y óxidos de fierro y aun comienza a aparecer ya la blenda con cierta persistencia, así es que es probable que a profundidades más grandes cambie el carácter hasta ahora netamente plumbífero de estos criaderos y se conviertan en criaderos de zinc.

Minerales de Bonanza y Pechuga. Los criaderos de los minerales de Bonanza y Pechuga son vetas argentíferas que arman en calizas, calizas margosas o en pizarras arcillosas negras, carbonosas, que son a veces notablemente bituminosas e iguales o parecidas a las pizarras negras de Guanajuato, llamadas en ese Distrito minero "pizarras hoja de libro," porque debido a su gran fisilidad pueden separarse entre sí muy fácilmente las delgadas capas arcillosas de que se componen. Esta formación pizarreña es la dominante en el Mineral de Bonanza, en el cual las vetas se encuentran contenidas en cuatro sistemas conjugados de fracturas de rumbos: N. S., E. W. y NE. SW. NW. SE. De estos sistemas, los N. S. y NE. SW. son los mejor desarrollados, comprendiendo el primero fracturas de rumbos variables entre 20° NW. y 30° NE., con echado dominante al SW., y el segundo, fracturas de rumbo de 60° a 70° NE., con inclinación también al SW.; las fracturas EW. tienen,

Fotografía número 147. Chorros que se desprenden de la bóveda del primer salón de la gruta de Tonaltongo. Alrededores del Mineral de "El Cardonal."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



Fotografía número 148. Cerro de "Pechuga," desde el camino de "El Cardonal" a Bonanza.

Fotografía número 149. Cañada de Bonanza, desde el camino del Mineral de "Pechuga" al de Bonanza.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

al contrario, echado muy frecuente al N. En las vetas contenidas en fracturas del sistema N. S. dominan las matrices cuarzosas, en tanto que en las del NE. domina como matriz la calcita.

La mayoría de las vetas se encuentran localizadas al Este de la cañada de Pechuga (fotografía número 153), y por esa circunstancia se encuentran hacia ese rumbo las principales minas, entre las cuales mencionaremos a las de San Judas, El Zapote, Don Martín, Santo Domingo, San Fernando, El Empedrado, San Cayetano, San Andrés, Pintados, Los Angeles, Santa Elena, San Francisco, San Antonio, Guadalupe y La Cueva, en el mineral de Bonanza, y a las de La Trinidad, La Cruz, San Miguel y San Cristóbal, en el de La Pechuga. En la época de nuestra visita a estos minerales sus minas estaban arruinadas y algunas totalmente inundadas; sin embargo, en las pequeñas porciones accesibles de sus laboríos, podía observarse la potencia de las vetas, la naturaleza de su relleno metalífero, matrices dominantes y algunos otros de sus caracteres. Las vetas son, en lo general, angostas, pero algunas llegan a tener cerca de tres metros, con un relleno metalífero en el que dominan la galena, blenda y pirita. En un informe que el señor don Ismael Castelazo dirigió al Jefe Político del Distrito de Zimapán, en diciembre de 1883, sobre la mina de El Zapote, menciona como especies minerales que se presentan en la veta de ese nombre, además de estos sulfuros, al rosicler, cobre gris, estibnita, óxidos de fierro y manganeso, y dice que la concentración de los minerales ricos tiene lugar generalmente en la intersección de las vetas de los dos sistemas principales, N. S. y NE. SW., existentes en esta región minera. Con respecto a los trabajos más profundos que se llevaban por esa época, dice el señor Castelazo en su informe que no habían pasado de 160 mts. y señala como ley media de plata de los minerales extraídos, 2 marcos por carga de 12 @ o sea aproximadamente 3 kgs. por tonelada.

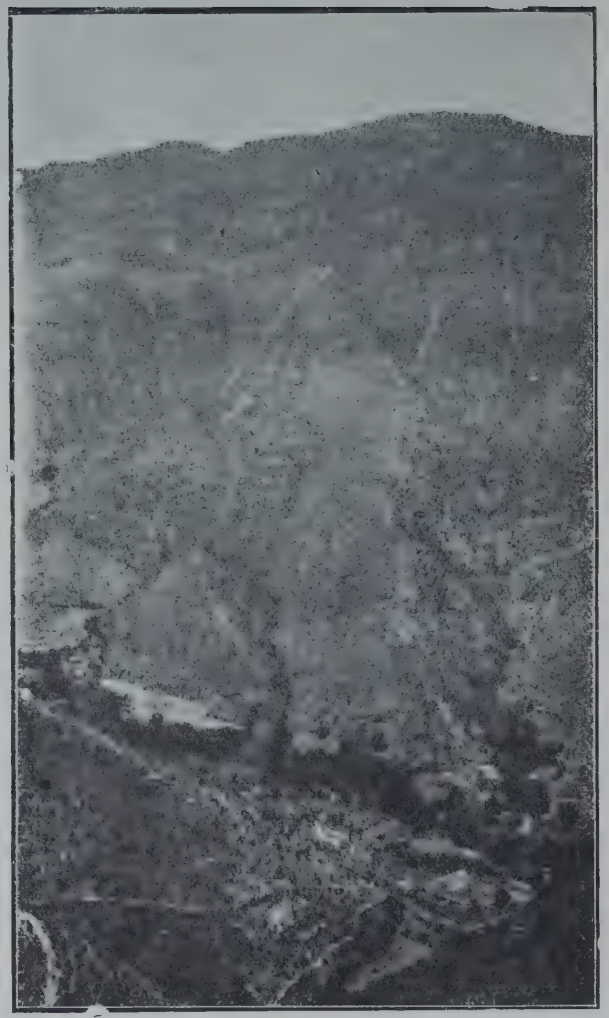
El señor don Casimiro Arce, uno de los antiguos mineros que aun quedan en Bonanza, nos informó que por el año de 1910 se encontraba este Mineral con sus trabajos mineros en actividad y que la única causa de que se hubieran paralizado dichos trabajos había sido la destrucción de las máquinas e incendio de las casas por los revolucionarios, en 1913 y 1914, que obligaron a emigrar a muchos de sus habitantes. Las minas que nos fué posible visitar, en una reducida porción de su laborío, fueron las de San Judas, El Zapote, Don Martín y Santo Domingo, en Bonanza, y las de La Cruz, La Trinidad y San Cristóbal, en Pechuga. Al recorrer esos laboríos hay necesidad de hacer uso de sogas para bajar o subir por los pozos, pues no había en ellas escaleras, siendo muy frecuente no poder seguir adelante por impedirlo un *caído* o el agua, que debe ser abundante a juzgar por el diámetro de los tubos de la bomba de la mina de San Judas (fotografía número 156), que es de 7". La veta principal en la que está labrada esta mina, tiene un rumbo medio de 30° NE., con echado al NW. de 76° y se ha explotado haciendo el desagüe por un tiro vertical y la extracción por un socavón de 60° SE. de rumbo magnético, cuya boca está a 1,780 mts. sobre el nivel del mar y muy cerca de la ribera derecha de la cañada de Pechuga. Cerca del tiro están instaladas dos calderas de vapor (destruídas en parte) de la Erie City Iron Works, que servían para suministrar vapor a las bombas colgantes Cameron, instaladas en él por los años de 1909 a 1910; pero parece que antiguamente se hacía el desagüe de esta mina por medio de una bomba inglesa del sistema "Cornish," cuya casa existe aún cerca de la mina (fotografía número 155). El tiro es de

sección rectangular, de 4.20 × 1.60 mts., y se encontraba el agua en él a 10.25 metros abajo de su brocal; el socavón atraviesa desde su boca de entrada hasta algunos metros antes del corte de la veta (que se efectuó a los 45 mts.) a una serie de capas delgadas de calizas y calizas margosas de 60° NE. de dirección y 50° de inclinación al NW.

El socavón de la mina de El Zapote está labrado en pizarras arcillosas de 20° NW. de dirección general, con 60° de inclinación al SW., su rumbo magnético de 50° SE., su longitud de 84.70 mts. y corta a una veta angosta muy piritosa de potencia variable, entre 30 cents. y 1.40 mts. A la mina de Don Martín se penetra también por un socavón de 36° SE. de rumbo (magnético), en cuya boca está puesta la fecha de 6 de octubre de 1899, que nos dijeron correspondía a la época de la restauración de los trabajos en esa mina. El socavón tiene una longitud total de 135.25 mts. y atraviesa estratos de pizarra caliza que alternan con lechos de pizarra arcillosa; en el altar de la mina las capas de caliza tienen 32° NW. de dirección, con echado de 16° al SW. Con el socavón se cortaron a los 109.50 mts. una veta angosta de 45° NE. de rumbo y 57° de echado al NW., y otra más importante de 83° de rumbo medio y echado al NW., variable entre 45° y 68°, sobre la que existen frentes a uno y otro rumbo, y se observa que la veta se divide como las de Guanajuato en tres cuerpos principales: el del "alto," del "medio" y del "bajo," sin que sea posible establecer las relaciones de mineralización entre estos distintos cuerpos, por no haber podido obtener datos en esta mina que, como todas las demás del mineral, está en ruinas y apenas accesible; estos cuerpos están separados entre sí por caballos de pizarras arcillosas y sobre una de ellas hay una frente labrada al NE., de 65.70 mts. de longitud hasta la parte accesible. La boca del socavón de la mina de Santo Domingo, que es una de las que se encuentran a mayor altura sobre el nivel del lecho de la cañada de Pechuga, está a 1,940 mts. de altura absoluta; tiene este socavón un rumbo igual al de San Judas (60° SE. magnético) y corta una veta de 30° NE. de rumbo y 60° de echado al SE., que arma en pizarras arcillosas.

En Pechuga dominan las calizas y en ella arman las vetas de las minas que pudimos visitar. La veta de La Cruz es muy angosta, de 25 a 50 cents. de potencia, y en el pequeño tramo que puede verse en la parte superior accesible tiene un rumbo variable entre 45° y 55° NE., con inclinación de 75° al SW. La bocamina de La Trinidad está a 2,080 mts. sobre el nivel del mar y el camino de bajada va sobre una veta cuyo respaldo alto, bien marcado, tiene un rumbo variable entre 60° a 72° NE., con echado al SE. de 74°; siendo la caliza en que arma, granuda, cristalina, y en los lugares en que se pueden observar señales de estratificación las capas tienen una dirección de 45° NW. e inclinación de 42° al SW. En la parte recorrida, la veta estaba completamente explotada, siendo probable que el llenamiento haya sido cobrizo, a juzgar por los minerales del terreno que contienen galena, blenda, chalcopirita y malaquita. En la mina de San Cristóbal se estaba limpiando un socavón cuya boca está a 2,040 mts. de altura sobre el nivel del mar; este socavón está abierto sobre una fractura en calizas cuyo rumbo es de 80° NE., con echado al S. de 74°, siendo allí la dirección de los bancos de caliza que pudimos anotar, de 20° NE., con echado al NW. de 7°.

La zona de oxidación de las vetas en ambos minerales parece ser sumamente superficial, pues a muy cortas profundidades y aun en la superficie se presentan los sulfuros de plomo, zinc y fierro.



Fotografías números 150 y 151. Mineral de "Bonanza," con el ala rota del anticlinal calizo.
(Cerro del Shajai), que forma el límite W. de la cañada.

INSTITUTO GEOLÓGICO DE MEXICO

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Fotografía número 152. Vista general del Mineral de "Pechuga."

Fotografía número 153. Cañada y población de "Bonanza." En el fondo el cerro de "Pechuga."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Mineral de Zimapán. Los criaderos minerales de Zimapán, que arman en formaciones sedimentarias, se encuentran situados en el cuadrante NW. del Distrito, a distancias del casco de la población (fotografía número 158), que varían entre cinco y veinte kilómetros.

Los mineros prácticos de Zimapán distinguen varias zonas mineralizadas que designan con el nombre de "paninos" y son los siguientes: el de El Monte, el del Carrizal, el de Santo Tomás y el de La Cruz. Al llamado panino de El Monte pertenecen las minas de El Rosario, Dolores, La Concordia, Guadalupe, San Vicente y San Francisco y otras de menor importancia que, como éstas, se localizan en los alrededores del cerro de El Tecolote (véase el plano de pertenencias mineras del Distrito, lámina núm. 23); al del Carrizal, las minas de Lomo de Toro, Malacate, Las Estacas, La Llave, Las Animas, Purísima, Volador, La Ortiga, Zarabanda y algunas otras situadas entre los cerros de Santa Elena y El Malacate, a uno y otro lado de la barranca de Tolimán; al de Santo Tomás, las minas de Santo Tomás, Santa Gorgonia, San Virginio, Poder de Dios, San Pascual y San Gregorio y otras que se encuentran también en los alrededores de la loma de La Nopalera y cerro de Las Espinas y El Conejo, y, por último, al panino de La Cruz pertenecen la mina de ese nombre, las de Pamplona, Guanajuato, Nuestra Señora, situadas unas en la falda meridional del cerro de El Arcabuz, y otras, cerca de la barranca de Tolimán. Varias de estas divisiones son arbitrarias, pues no corresponden a zonas de mineralización notablemente diferente entre sí o a diversa constitución geológica del terreno y pueden admitirse como teniendo solamente una significación geográfica; pero otras, como la de La Cruz, sí corresponden a una marcada variación en la constitución geológica del terreno y mineralización, pues comprende casi todas las minas en las que se explota el grupo de criaderos que arman en rocas ígneas (andesitas, brechas y tobas andesíticas), muchos de los cuales tienen un relleno metalífero de naturaleza plumbo-cupro-argentífera.

Nuestra permanencia en este Mineral fué muy corta, pues coincidió con la entrada de la estación de lluvias que se inició con fuertes y frecuentes aguaceros, y tuvimos, por lo tanto, después de una rápida visita a los criaderos de fierro de La Encarnación, que suspender nuestros trabajos y dar por terminada nuestra expedición con el estudio preliminar de esta interesante región que corresponde a la extremidad NW. de la zona recorrida. Este estudio preliminar nos permitió, sin embargo, formarnos una idea de conjunto de la naturaleza de los criaderos metalíferos de Zimapán y distinguir en ellos, *a priori*, tres tipos principales: criaderos en forma de vetas, criaderos-capas y criaderos que presentan caracteres comunes a los depósitos de contacto y a los de sustitución hidro-termal. Los primeramente mencionados son vetas de relleno plumbo-argentífero o argentífero exclusivamente y están contenidos en fracturas que cortan a la estratificación general de las formaciones sedimentarias, siendo estas fracturas, por lo general, angostas, de respaldos bien definidos y de rumbo y echado constantes; los segundos afectan la forma de masas irregulares, a veces de considerables dimensiones, que están contenidas entre las capas de estratificación de la caliza (véase fotografía número 171) y que no son en ocasiones, sino porciones de esta roca sustituída por sulfuros, sulfo-antimoniuros, o sulfo-arseniuros metálicos (de plomo, zinc, plata, fierro o cobre); los terceros y últimos son criaderos plumbo-argentíferos o plumbo-cupríferos o antimoniales, que se presentan en el contacto de las calizas con las rocas intrusivas de la región y que parecen establecer, como

hemos dicho, un tipo de transición entre los criaderos metasomáticos y los de contacto.

Las especies minerales que se presentan con más frecuencia en el relleno metalífero de estos criaderos son la galena, blenda, pirita y arseno-pirita; con menos frecuencia, la pirrotita, chalcopirita, jamesonita, pirargirita y rara vez la tennantita, zinkenita y vanadinita. Entre los óxidos y carbonatos que aparecen en la zona de oxidación mencionaremos a la cerussita, óxidos rojo y amarillo de fierro y al óxido de plomo (Pb_3O_4, minio) que es raro. Como matrices dominantes se presentan el cuarzo, calcita y el granate; pero existen también, aunque en menos cantidad, la fluorita, apatita, wollastonita, danbourita y albita. Las galenas contienen casi siempre plata, siendo las leyes más comunes de este metal, de 250 a 1,500 gramos, por tonelada. Las leyes de plomo varían entre 4 y 12%.

Describiremos aquí, como yacimientos minerales que corresponden a cada uno de los tipos referidos, los que se explotan en las minas de Santa Gorgonia, Lomo de Toro y Balcones.

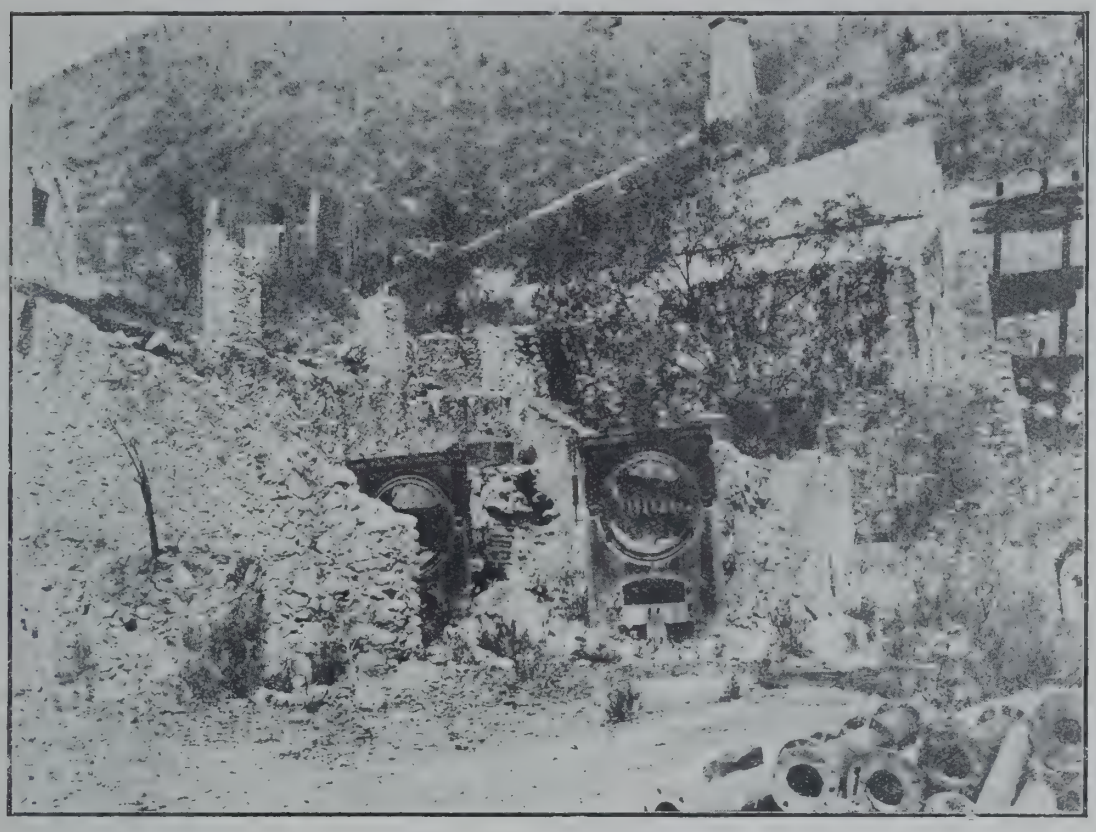
En las minas de Santa Gorgonia y Providencia, que se encuentran situadas al NW. y muy cerca de Zimapán (a unos 4 kms.) en la falda septentrional del cerro del Arcabuz, se explotan vetas que corren con un rumbo medio de 45° NW. y echado dominante al SW. Arman estas vetas, en su porción superior, en brechas calizas y a la profundidad en calizas compactas; su potencia varía de 0.40 a 0.80 mts. y sus metales son plumbo-argentíferos con leyes de plata, que en los minerales exclusivamente argentíferos alcanzan algunos kilos por tonelada, pero que en las galenas, que son las que más abundan en estas minas, es de 500 grms. por tonelada, en promedio. La profundidad de los labrados es de algo más de 200 mts. (lámina núm. 24) y los sulfuros comienzan a presentarse a una profundidad de 30 mts. aproximadamente, abajo de la superficie. Existen en estas minas tres tiros, que son los de Providencia, La Cola y Santa Gorgonia, este último de 105 mts. de profundidad y del cual parten los niveles 75, 95, 145, 160, 175, 190, 200 y 210 mts., muy poco desarrollados. Las fracturas en que están contenidos los depósitos minerales son francas, de respaldos bien definidos y conservan una dirección e inclinación muy constantes hasta los planes de la mina. El relleno metalífero está constituído por galena, blenda, pirita y, a veces, arsenopirita o pirargirita, y su estructura es en algunos lugares en bandas o zonas concéntricas, simétricas con relación al centro de la veta y en otros más o menos compacta.

Se presentan, además, en estas minas, fracturas menos bien mineralizadas que cortan a las de rumbo NW. SE., cuya dirección media es de 45° NE., con fuertes inclinaciones al NW. o enteramente verticales. Una de estas fracturas puede verse en el nivel 75 a los 17 mts. al W. del tiro interior de San Juan y otras en la superficie del terreno donde aparecen como crestones angostos más o menos continuos.

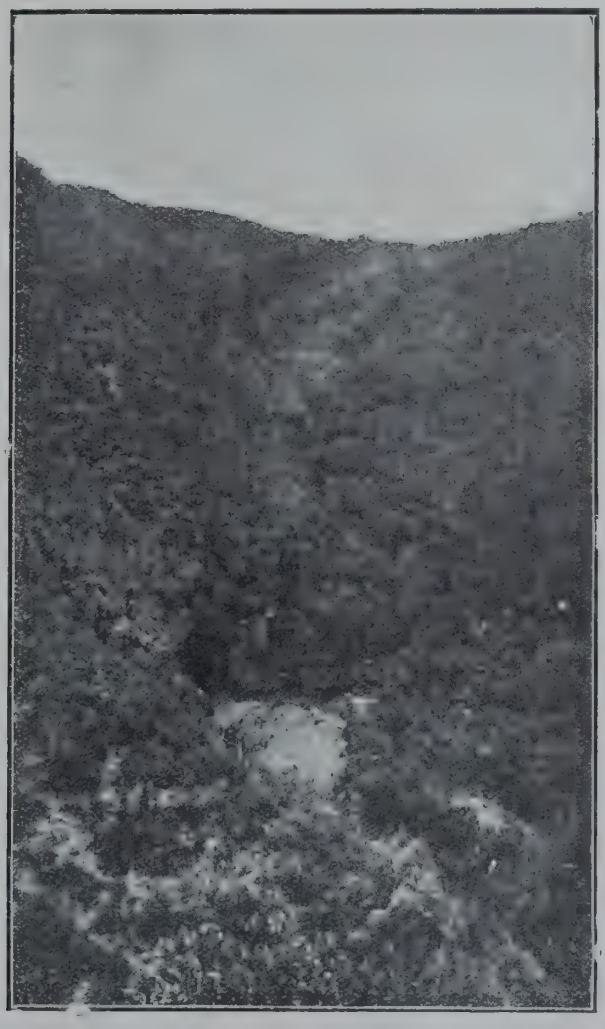
La mina de Lomo de Toro se encuentra situada también al NW. de Zimapán, aproximadamente a 12 kms. de distancia y en la vertiente oriental de la barranca de Tolimán. El depósito mineral que se ha explotado en esta mina es un criadero de relleno plumbo-argentífero, que se encuentra contenido entre los estratos de las calizas de la región (fotografías números 169 y 171), estratos que están plegados según una dirección general de NW. a SE., variable entre 5° y 30°. Este criadero contiene en su zona de oxidación, principalmente, carbonatos de plomo argentíferos (metales *"cuajados"*), con

Fotografía número 154. Mineral de "Bonanza."

Fotografía número 155. Vista del Mineral de "Bonanza."



Fotografía número 156. Patio de la mina de "San Judas." Mineral de "Bonanza."



Fotografía número 157. Cañada y mina de "El Zapote." Mineral de "Bonanza."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

óxidos amarillo y rojo de fierro. Alcanza esta zona una profundidad de cerca de 250 mts. y se encuentra separada de la de los sulfuros por una superficie muy regular, casi horizontal, como puede verse en los laboríos de Los Bronces y San Agustín. El mineral extraído en tiempos pasados de la zona de oxidación, que se encuentra ya muy explotada y casi agotada, fué de una ley media de 500 grms. de plata por tonelada y de 15% de plomo. Los grandes huecos o "comidos" que se ven en esta mina corresponden a la explotación de esta zona por antiguos trabajos y son, enumerados en orden descendente, los comidos de El Claro, La Piedad, Animas, San Vicente, San Pedro y Ave María (véase el plano de la lámina núm. 26), entre las cuales son notables por sus grandes dimensiones los de El Claro, La Piedad y Ave María. Por encontrarse el relleno metalífero de este criadero contenido entre las capas de caliza, su forma y orientación general están en estrecha relación con la arquitectura de las calizas de la región y siguen en gran parte la dirección general de los ejes de los pliegues (28° NW. SE.), como puede verse en el plano de esta mina. Estos pliegues, relativamente pequeños, con sus flancos de una inclinación comprendida entre 15° y 40° y con sus ejes poco desviados de la horizontal, parecen haber servido de conductos para la circulación de las aguas termo-minerales que efectuaron el depósito metalífero. La masa del criadero está atravesada por fracturas de rumbo NE., variable entre 60° y 75°, con inclinaciones, unas veces al SE. y otras al NW. Estas fracturas, que son posteriores al depósito metalífero, provocan en él, en algunos sitios, dislocaciones de poca amplitud.

En la época que visitamos esta mina (julio de 1919), se encontraba en ruinas y con sus trabajos paralizados; pero sus caminos generales eran transitables y podían visitarse algunos de sus laboríos. La explotación del criadero se llevó al principio desde la superficie, habiendo quedado como resultado de esta explotación el "comido" de El Claro y después, por una serie de bocaminas y socavones escalonados situados sucesivamente, unos debajo de otros. Los principales socavones son los de San Guillermo, Año Nuevo, El Barreno y La Palma, y las bocaminas son las de La Bota, La Mora, El Claro, Rosario y Lomo de Toro. Estos trabajos mineros guardan entre sí las siguientes diferencias de nivel, con relación al piso del socavón de Año Nuevo.

Bocamina de La Bota	+	321.^{m}40
„ „ „ La Mora	+	165.^{m}37
„ „ „ El Claro	+	153.^{m}32
„ „ „ Lomo de Toro	+	91.^{m}00
Socavón de San Guillermo	+	2.^{m}42
„ „ Año Nuevo	+	1.^{m}90
Bocamina de La Capilla	—	65.^{m}62
Socavón de El Barreno	—	146.^{m}26
„ „ La Palma	—	209.^{m}68
Lecho del río de Tolimán	—	249.^{m}44

El socavón de San Guillermo, como hemos dicho en otro lugar, está labrado, en parte, en un dique de andesita (fotografía número 172), de una dirección de 85° NE., y de inclinación casi vertical y sigue después atravesando capas de caliza de 32° NE. de rumbo, con echado de 18° al SE. y el socavón de Año Nuevo sigue a una fractura de 55° NE. de dirección y de 75° de inclinación al SE.

En los antiguos trabajos se aprovechó el socavón del Barreno para atacar la porción más profunda del criadero y para la extracción de los minerales que se elevaban desde allí hasta La Capilla, donde estaba instalado un malacate de caballos que subía la carga una distancia vertical de 80 metros por un plano de mampostería fuertemente inclinado, cuyas ruinas existen aún (fotografía número 169) cerca de la boca de este socavón, que está muy mal labrado con un piso muy irregular que asciende más de 30 metros verticales en un desarrollo del socavón de cerca de 170 mts., es decir, cuya pendiente es de un 20% (véase el plano de la lámina 26).

La mina de Balcones (fotografía número 174) se encuentra aproximadamente a un kilómetro de distancia al N. de la de Lomo de Toro, y se ha aprovechado en ambas el mismo camino para el transporte de los minerales hasta Zimapán. El relleno metalífero del criadero que se explota en ella es también de naturaleza plumbo-argentífera; pero está a veces muy cargado de blenda y el criadero presenta caracteres que corresponden, en parte, a los de un depósito de contacto y, en parte, a los de un criadero metasomático. En el plano de la lámina número 27 hemos indicado las zonas en las que se observan fenómenos de metamorfismo ígneo y las porciones mineralizadas que pudimos observar. Los fenómenos de metamorfismo se presentan en o cerca del contacto de las calizas con las masas andesíticas intrusivas o los diques dioríticos, y a dichos fenómenos se debe que las calizas se presenten transformadas en mármol a lo largo de esas zonas y la presencia en ellas de silicatos, tales como la grossularita, wollastonita, albita, vesubianita y epidota.

La caliza aparece plegada en pliegues pequeños anticlinales o sinclinales, cuyos ejes tienen la misma orientación que la que hemos señalado en la mina de Lomo de Toro, no siendo esta formación caliza sino la continuación de la de aquella mina. Dos de los principales socavones (Balcones y San Rafael Viejo, están localizados en el flanco de un anticlinal, cuya cresta pasa cerca de las casas de la negociación, y tanto en este anticlinal como en el camino que conduce a la mina (fotografía número 173), pueden notarse fajas oscuras o amarillentas que corresponden a zonas o bancos de caliza transformados en roca de granate. Estas fajas, por su gran dureza, han resistido la erosión y han quedado desmontadas, sobresaliendo en la superficie del terreno y afectando la forma aparente de diques ígneos, los que, al ser examinados con cuidado, se ve que están constituídos por caliza marmorizada y granate grossularita. Se observa, además, en la formación caliza, un sistema de fracturas de rumbo medio 70° NE., que atraviesan a esta formación. Estas fracturas se presentan con bastante constancia en este Distrito Minero, las que, por su dirección e inclinación, parecen pertenecer a un sistema paralelo a los sistemas estudiados ya en el Mineral de El Chico y en otros de los centros mineros de la zona recorrida, fracturas todas que no son sino el resultado de las acciones tectónicas generales, de que nos hemos ocupado en párrafos anteriores.

En algunas de las zonas mejor mineralizadas de este criadero se presentan porciones del relleno metalífero que conservan aún la estructura primitiva de la caliza, la que fué allí sustituída probablemente por sulfuros, sulfoarseniuros y sulfo-antimoniuros metálicos.

Los laboríos que pudimos visitar de estas minas fueron los accesibles por los socavones de Balcones, San Rafael Nuevo y San Rafael Viejo.

El socavón de Balcones está labrado, en parte, sobre una fractura mineralizada de 74° NE. de rumbo y 80° de echado al NW., cuyo relleno metalífero está constituído por galena, blenda, pirita y arsenopirita. Al S. de esta

Fotografía número 158. Vista general del Mineral de Zimapán, tomada desde el camino para las minas del "Monte." En el fondo el cerro "Juárez."

Fotografía número 159. Barranca de "Tolimán." Mineral de Zimapán. (Porción de su curso conocida con el nombre de "El Cajón.")

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Fotografía número 160. Cuenca del río Moctezuma, en los límites de los Estados de Hidalgo y Querétaro.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

fractura se presenta la caliza sumamente marmorizada y es en esta caliza granuda cristalina en la que sigue el resto del socavón. A los 15 mts. de su boca está trazado un cañón de 5° SW. de rumbo, labrado sobre bancos muy bien definidos de caliza negra de 30° NW. de dirección y 80° de inclinación al NE. Los primeros indicios de mineralización se presentan bajo la forma de vetillas angostas que están cortados por un pequeño crucero de 7 mts. de longitud, abierta a los 48 mts. del cañón (véase el plano de la lámina núm. 27); en estas vetillas se presentan como especies minerales dominantes, pirita, galena, blenda, pirita arsenical, malaquita y limonita. Al Sur del crucero y a los 12 mts. de distancia, se presenta un *"comido"* que corresponde a la explotación que se hizo de una gran bolsa de mineral la que, según el señor Preisser, fué de galena argentífera con leyes de plata bastante altas. Las dimensiones del *"comido"* son: 39 mts. de largo por 6 mts. de ancho y 30 metros de alto, siendo esta última dimensión aproximada por no haber habido medios de tomarla con precisión. Estas dimensiones arrojan un volumen de 7,020 mts. cúbicos, que deben haber producido unas 40,000 toneladas de mineral. Después de este hueco o *"comido"* sigue el cañón; pero no fué visitado por ser el paso inaccesible.

El socavón de San Rafael Nuevo se encuentra situado al NE. del de Balcones, y su boca está a 120 mts. de distancia horizontal y a 31 mts. de desnivel vertical. En el exterior, cerca de su entrada, hay una fractura mineralizada de 70° NW. de rumbo y de 62° de echado al NE., que contiene bastante galena, pirita y limonita, y que se explota en niveles superiores al del socavón hasta alcanzar la superficie como puede verse desde el patio del socavón. El rumbo de éste es de 40° SE. y tiene una sección de 2.00 × 1.80 metros igual a la del socavón de Balcones, siendo posible, por esto, realizar en estas dos obras mineras una extracción económica, lo que no sucede en muchas de las minas de la región, en cuyos laboríos, a veces muy angostos, sólo a lomo de peón puede hacerse el transporte de los minerales. Atraviesa este socavón una serie de bancos calizos cuyo rumbo varía entre 65° y 72° NE., con inclinación al SW.; en el punto marcado B en el plano, aparecen relices muy bien marcados que se siguieron como guías para buscar la mineralización que se encontró a los 33 mts. al SE. de dicho sitio, bajo la forma de masas lenticulares de 2 mts. de potencia máxima, orientadas 85° NW., y con un relleno mineral constituído por pirita, galena, blenda y chalcopirita. En el contacto de estas lentes, hacia el S., aparece la caliza marmorizada y la roca de granate como una faja alargada que se ha confundido en la mina con un dique. El socavón continúa al SE. y después se bifurca en dos ramas: la del E. que va a cortar la zona mineralizada con sulfuros de plomo y zinc, cuyo rumbo no se pudo identificar, y la rama W., de 36 mts. de longitud, en cuyo final aparece una faja de roca granatizada con 78° NE. de rumbo y 58° de echado al SW.

El socavón de San Rafael Viejo está situado, con respecto al socavón anterior, a un nivel 86 mts. más alto y casi en el mismo plano vertical. En la superficie del terreno, cerca de la boca del socavón, se presenta una faja de roca de granate de 2.50 mts. de ancho, cuyo rumbo es de 85° NW., con inclinación de 73° al SW. Este socavón está localizado en el ala E. de un pliegue anticlinal, cuyo eje pasa entre los socavones de Balcones y San Rafael Nuevo, pliegue en el cual se encuentran una serie de pequeños pliegues secundarios análogos a los observados en la mina de Lomo de Toro. Las capas que atraviesa el socavón son de caliza negra que aparece en lechos delgados con

capas interestratificadas de pedernal. La inclinación media de los "comidos" correspondientes a cuerpos explotados de mineral, es de 75° al NE. y de una dirección general de 55° NW. Los minerales que han quedado como restos de dicha explotación son óxidos de fierro y carbonatos de plomo y cobre (limonita, cerussita y malaquita), en las labores situadas arriba del nivel del socavón, y sulfuros metálicos (galena y blenda principalmente), en los niveles situados debajo, sirviendo el socavón mismo de límite entre las zonas de oxidación y de los sulfuros. En las labores inferiores se llevan cuatro pozos en frutos, afectando la mineralización, entre los pozos núms. 1 y 2, una estructura en capas, de rumbo 25° NE., con inclinación al NW. de 25°, que corresponde probablemente a la primitiva estructura de la caliza que fué allí sustituída. La localización de estos pozos se hizo para explotar la continuación de una bolsa situada en un nivel superior, la que produjo minerales oxidados; en el camino del pozo núm. 1, al nivel superior, se presenta también una faja de roca de granate de dirección 70° NE. y casi vertical, cuyos relices se presentan muy bien definidos en una extensión longitudinal de cerca de 30 mts. La porción del bajo de la caliza está mineralizada y en la masa del relleno metalífero se presentan porciones de la caliza impregnada de sulfuros metálicos, en las cuales parece no haberse efectuado la sustitución de esta roca de una manera completa.

Hacia el NW. de la mina de Balcones y en el macizo calizo que separa entre sí a los ríos de Moctezuma y Tolimán, existe un depósito mineral de naturaleza análoga al del criadero que se explota en dicha mina, que fué examinado en 1913 por W. Lindgren (1), quien lo describe como un depósito de forma general tabular de una extensión a rumbo de 300 mts. y una potencia de más de 10 mts., cuya mineralización está constituída principalmente por pirita, pirrotita, arsenopirita, blenda y jamesonita, y, excepcionalmente, por pequeños granos de galena y chalcopirita. Por el examen que hizo en el terreno el citado autor y el estudio microscópico que emprendió, asociado a W. L. Whitehead, del relleno metalífero e inclusiones fluídas de este criadero, lo considera como formado a alta temperatura y con caracteres que participan a la vez de un depósito de contacto y de uno de sustitución hidrotermal. La ley media de los minerales es de 8% de plomo, 4% de antimonio y 0.030 grms. oro por tonelada. La plata se presenta asociada de preferencia a la arsenopirita, cuyas muestras llegaron a ensayar hasta 480 gramos por tonelada, en tanto que en la jamesonita existe este metal en mucho menor proporción (90 gramos por tonelada).

En algunas minas de Zimapán se presentan, a veces, en la misma formación y en la misma mina, simultáneamente, criaderos pertenecientes a uno u otro tipo de los tres principales que acabamos de estudiar, como sucede en la mina de San Francisco (lámina núm. 30) situada a unos 12 kms. al N. de Zimapán en la ladera izquierda de la barranca de Las Verdosas. Pudimos visitar en ella algunos laboríos no inundados, entrando por el socavón de Chalma, cuya boca está situada a 1,935 mts. sobre el nivel del mar. El rumbo de este socavón es de 70° SW. (magnético), su longitud de 490 mts. y a los 420 mts. corta a la zona principal mineralizada. Al NW. del corte se encuentra el laborío de San Miguel, por medio del cual se ha explotado un criadero perteneciente al segundo tipo de los que hemos establecido, es decir, un

(1) Véase "Economic Geology," Vol. IX, July 1914, págs. 435 y sig. A deposit of jamesonite, near Zimapán by W. Lindgren and W. L. Whitehead.

CO.

PLAN

de la min

N. FRANC

MAPÁN, HI

PLANO
de la mina de
SN. FRANCISCO.
ZIMAPÁN, HIDALGO.

Escala 1 6 12 18 24 30 M.

TALLERES GRAFICOS DE LA NACION.

Fotografía número 161. Cerro de El Morro. (Casquete de brechas calizas.)
Alrededores del Mineral de Zimapán.

Fotografía número 162. Diques andesíticos en la barranca de Tolimán. Mineral de Zimapán.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Fotografía número 163. Pliegues acostados de calizas cretácicas, en el camino de Zimapán a la mina "Lomo de Toro."

Fotografía número 164. Calizas cretácicas plegadas en la barranca del "Malacate" o de "La Chiripa." Camino de Zimapán a la mina de "Lomo de Toro."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

depósito efectuado entre los estratos de la caliza y el cual está contenido en un pliegue anticlinal; los estratos están plegados según una dirección general casi igual a la que se observa en la mina de Balcones, 30° a 36° NW., con inclinación de los flancos de los pliegues variables entre 50° y 80°. Hacia el SE. del corte, el criadero afecta la forma del primer tipo, es decir, de vetas contenidas en fracturas que cortan a la estratificación general de la caliza, cuyo rumbo medio es de 45° NE., con inclinación dominante al SE.

La zona de oxidación en estos criaderos minerales está separada de la de los sulfuros, como en la mina Lomo de Toro, por una superficie regular, casi horizontal, que parece estar situada, según lo que pudimos ver en los pocos laboríos accesibles, algunos metros arriba del socavón de Chalma. La circulación de las aguas meteóricas es muy activa, los escurrimientos son abundantes y las aguas depositan bastante carbonato de calcio y parecen haber seguido en su circulación descendente de preferencia los pligues mismos de la caliza, cuyos ejes tienen poca inclinación sobre el horizonte, realizando así la oxidación de los metales, a lo que probablemente se debe la horizontalidad de la superficie de separación entre esta zona y la profunda de los sulfuros. Los minerales de esta zona contienen pirita en abundancia y por esto se sujetan a una reverberación del aire libre ("queme") en el patio de la mina (fotografía número 177), antes de ser enviados a las fundiciones de Zimapán.

De un carácter menos típico son los criaderos que se explotan en algunas de las otras minas, como las de San Pascual, San Jerónimo (fotografías números 167 y 168), Poder de Dios, Dolores, La Concordia y Rosario. En las tres primeras no se definen bien los respaldos de las fracturas en las que la mineralización es plumbo-argentífera, con leyes variables entre 5 y 10% de plomo y 200 a 300 grms. de plata por tonelada. En San Pascual se explotan tres vetas de rumbo general NW. SE.; en San Jerónimo, la veta más importante tiene 2 mts. de potencia con óxidos de fierro, cerussita y galena en su relleno metalífero; y en la mina Poder de Dios se presenta cerca del contacto entre las andesitas y calizas, en la falda N. del cerro de Toxti, una masa lenticular de mineral plumbífero orientada al EW., con inclinación al N. de 72°, que comenzó a disfrutarse desde los 20 mts. abajo de la superficie, con un laborío muy irregular que se extiende bastante a rumbo y poco a la profundidad. En las minas de Dolores y La Concordia, situadas en el llamado "panino" de El Monte, se presentan masas intrusivas de roca ígnea que atraviesan a las calizas, siguiendo, en general, la mineralización el contacto entre estas dos formaciones (lámina núm. 31). En la mina de Dolores la caliza se encuentra muy marmorizada y cerca del costado con la roca ígnea aparecen minerales de plomo y cobre (galena, chalcopirita, cerussita y malaquita). Esta mina, trabajada en muy pequeña escala y en malas condiciones, está sosteniendo la alimentación de dos pequeños hornos instalados en el exterior (fotografía número 178) que pueden tratar dos toneladas y media de mineral diariamente, de una ley de 10 a 15% de plomo y de 500 a 700 grms. plata por tonelada. La mina de El Rosario, situada también en el panino de El Monte, comenzaba a limpiarse en la época de nuestra visita y cuenta con dos socavones (lámina núm. 32) que eran accesibles; pero que no estaban aún comunicados con el laborío interior con el cual, según nos informaron, se explotaron en otras épocas dos zonas mineralizadas importantes.

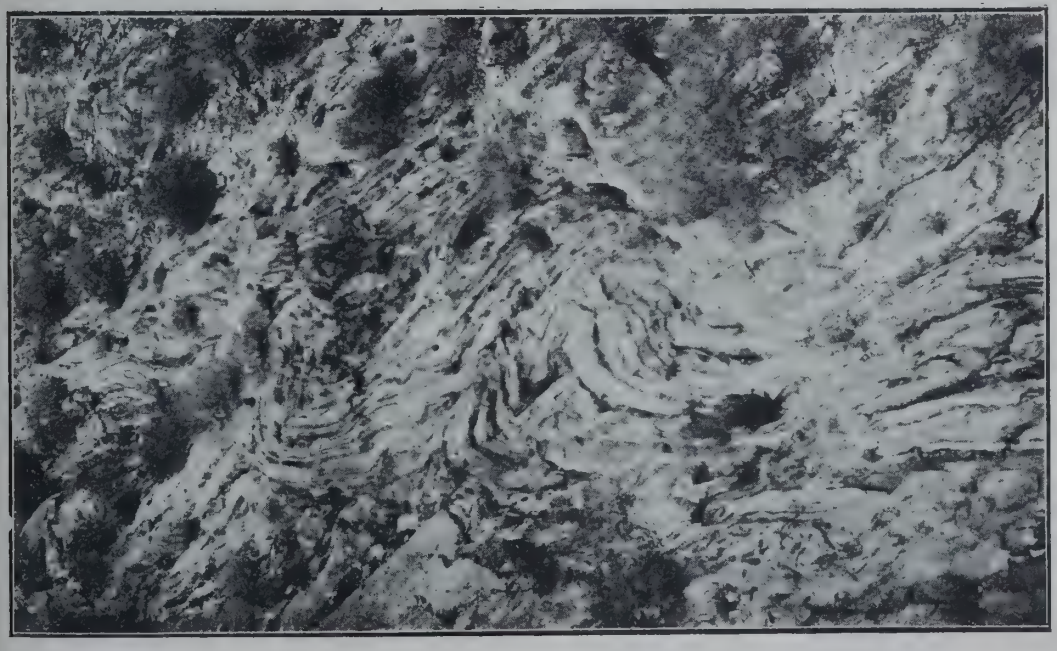
Criaderos de contacto.—Hemos considerado en esta clase de criaderos dos grupos: criaderos que se encuentran localizados en o cerca de la zona de

contacto de rocas ígneas terciarias con rocas sedimentarias calcáreas o arcillosas (calizas, margas o pizarras arcillosas) y criaderos que están contenidos en la zona de contacto de estas rocas con masas relativamentae pequeñas de rocas intrusivas. Los primeros, cuya explotación ha dado origen al pequeño centro minero de Las Plomosas, se presentan en la extremidad SE. de la zona recorrida, a distancias más o menos grandes (hasta de un kilómetro) de las rocas ígneas de la sierra de Pachuca, no siendo, por esto, probablemente tan claros en estos criaderos minerales los fenómenos de metamorfismo ígneo como en los del segundo grupo (Encarnación, San José del Oro y Flojonales) que existen en la otra extremidad NW. de la zona, en ó muy cerca del contacto de las calizas con las rocas intrusivas, y en los cuales depósitos sí son muy característicos dichos fenómenos.

Los criaderos plumbo-argentíferos de Las Plomosas se encuentran situados, aproximadamente, a seis kilómetros al NE. de la hacienda de La Estancia, que se encuentra al N. NE. de Actopan, cabecera del Distrito del mismo nombre, y a una distancia de siete kilómetros de esa población. Dichos criaderos se hallan en la falda oriental del cerro de Pueshendejé, al W. del cerro del Petate, y aparecen como pequeñas masas mineralizadas de forma tabular lenticular o de contornos enteramente irregulares.

El criadero más importante es el que se explota en la mina conocida con el nombre de La Negra, que examinamos, y que cuenta con tres socavones de los que, el principal, tiene un rumbo de 48° NW., longitud de 64 mts., y altura sobre el nivel del mar de 2,075 mts. Se alcanzaron con este socavón varios pequeños cuerpos mineralizados que se explotaron casi hasta agotarlos, y que parecen haber estado contenidos, unos, entre los estratos de la caliza y otros, en fracturas, siendo el rumbo general de los huecos o *"comidos"* que quedaron como resultado de su explotación, de 25° a 30° NW., con inclinación dominante hacia el NE. Las especies minerales que pudimos anotar en algunas porciones mineralizadas que quedaron como restos de esa explotación, corresponden a las de la zona de oxidación y son: limonita, hematita, óxidos de manganeso y carbonatos de plomo con calcita, aragonita, y rara vez dolomita y baritina, como matrices. Con el socavón de San León, que era inaccesible en la época de nuestra visita, y cuya boca se encuentra 230 mts. abajo del de La Negra, parece que se cortaron, según nos informó el minero encargado de estas minas, cuerpos de galena; una muestra de la cual ensayó 340 gramos de plata por tonelada. Las calizas de la región presentan fenómenos evidentes de "marmorosis" a lo largo de la zona de su contacto con las rocas ígneas terciarias de la sierra de Pachuca, que aparecen cerca de las barrancas de La Cueva y Agua de León, fenómenos originados por metamorfismo ígneo. La estratificación de las calizas, debido a estos fenómenos de metamorfismo, es muy confusa en algunos lugares y en otros ha desaparecido completamente; en los sitios donde aparece con claridad, las capas tienen un rumbo variable entre 20° y 45° NW. y se presentan, además, atravesando a esta formación caliza, fracturas de rumbo general 30° NE., que, como hemos dicho, están algunas veces mineralizadas. Una de estas fracturas aparece cerca de la cima del cerro de El Petate, con un relleno metalífero constituído exclusivamente por óxidos de manganeso (pirolusita y psilomelan) con cuarzo y baritina como matrices; este criadero, por su situación en la cima de un elevado cerro, por su corta capacidad y por las malas condiciones en que se encuentran las veredas que conducen a él, es enteramente incosteable.

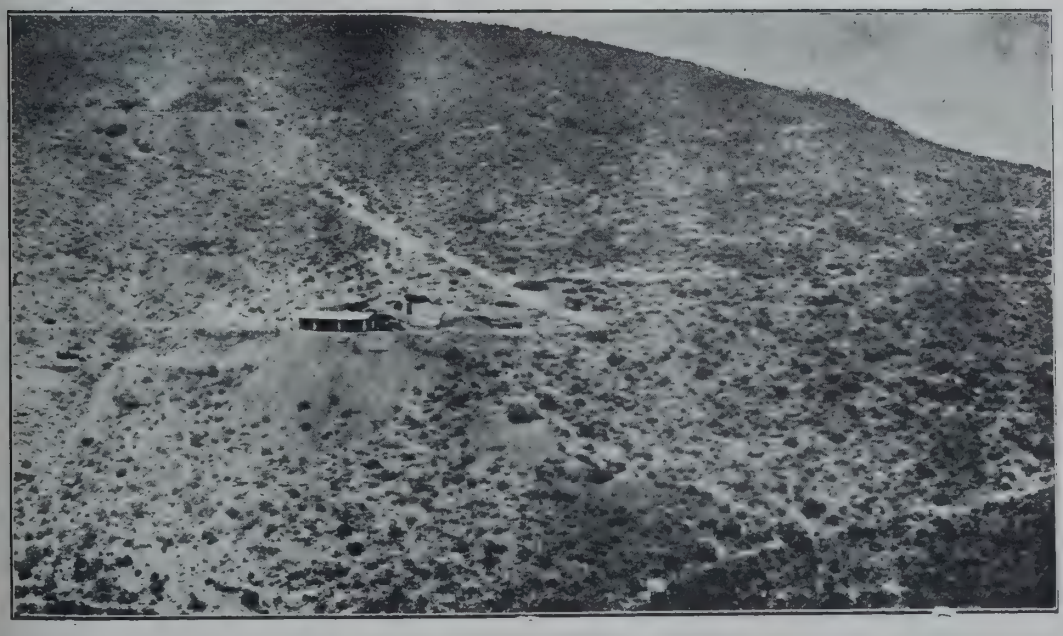
Fotografía número 165. Calizas cretácicas muy plegadas de la barranca de "La Chiripa." Alrededores del Mineral de Zimapán.



Fotografía número 166. Pliegues en las calizas cretácicas del Mineral de Zimapán. Barranca de "La Chiripa."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Fotografía número 167. Mina "San Pascual." Mineral de Zimapán.



Fotografía número 168. Mina de "San Gerónimo." Mineral de Zimapán.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Por último, puede decirse de estos criaderos minerales que, como algunos otros de los que existen en la zona explorada y que están contenidos también en calizas, presentan fenómenos de sustitución hidro-termal, por lo que, y por estar cerca de masas importantes de rocas ígneas, podrían colocarse al lado de los criaderos plumbo-argentíferos de El Cardonal, que arman también en calizas, son de un relleno metalífero semejante y están situados como éstos, cerca de macizos ígneos importantes (cerros riolíticos de El Santuario y El Roqui), solamente que las masas mineralizadas de los criaderos de Las Plomosas son pequeñas y han producido, por consiguiente, un escaso tonelaje que podría aumentarse con una explotación más sistemada que la seguida hasta ahora, pero con la cual, dada la pequeñez de estos criaderos, no es probable que se llegue a obtener una gran producción. Las leyes de los minerales que se encuentran en la zona de oxidación de estos criaderos varía de 2 a 20% de plomo, con una ley de plata de 10 a 115 gramos por tonelada y contienen accidentalmente huellas de oro.

Los criaderos de fierro de La Encarnación aparecen en el contacto de las calizas del cretácico medio con masas intrusivas de dioritas cuarcíferas, grano-dioritas o monzonitas. Se encuentran situados al NE. de Zimapán, a unos 25 kilómetros de distancia y en una región de accidentada topografía. Las masas de rocas intrusivas son de una extensión superficial relativamente reducida y afectan la forma, en algunos lugares, de pequeños domos, y en otros, de masas inyectadas entre los estratos de las calizas; en este último caso tienen una forma más o menos tabular, a veces con poca inclinación sobre el horizonte y constituyen entonces la estructura de inyecciones ígneas conocidas en inglés con los nombres de *"sills"* o *"intrusive sheets."* Una de estas formas de inyección puede verse yendo de Zimapán a La Encarnación, en la orilla derecha del camino que conduce a La Ferrería, después de pasar el puerto de El Oro. A lo largo de la zona de contacto se presenta la caliza granuda cristalina y masas de roca de granate que se extienden en una longitud, según esta zona, variable entre uno y cinco kilómetros, a veces con pequeñas soluciones de continuidad. Las masas mineralizadas tienen, generalmente, una forma filoniana y están constituídas por magnetita y hematita bastante puras, que en la zona más profunda del criadero que pudimos observar, están acompañadas de minerales cupríferos. En San José del Oro y Flojonales la roca de granate se presenta de preferencia en la parte superior del contacto, con minerales cupríferos y algún oro nativo.

En un informe sobre algunos criaderos de fierro del Estado de Hidalgo (1), el señor ingeniero Trinidad Paredes dice que algunas de las masas minerales de fierro de los alrededores de La Encarnación, como las de La Peña del Aguila, Dulces Nombres, Santo Tomás y Piedra Imán, son de grandes dimensiones, y que las masas intercaladas entre las calizas son muy numerosas o profusamente distribuídas, aunque el tamaño de las partes exhibidas sea relativamente pequeño. Estima las cantidades de mineral a la vista en 100,000 toneladas y con respecto a sus condiciones económicas, hace las consideraciones siguientes: "La explotación de estos criaderos se ha hecho en condiciones nada económicas y en una forma primitiva, pudiendo hacerse a muy bajo precio: a un peso la tonelada en los lugares enumerados arriba sería más que sobrado, pues no hay más que tumbar con marro y con algunos barrenos; a tres pesos en los lugares no mencionados, me parece que sería

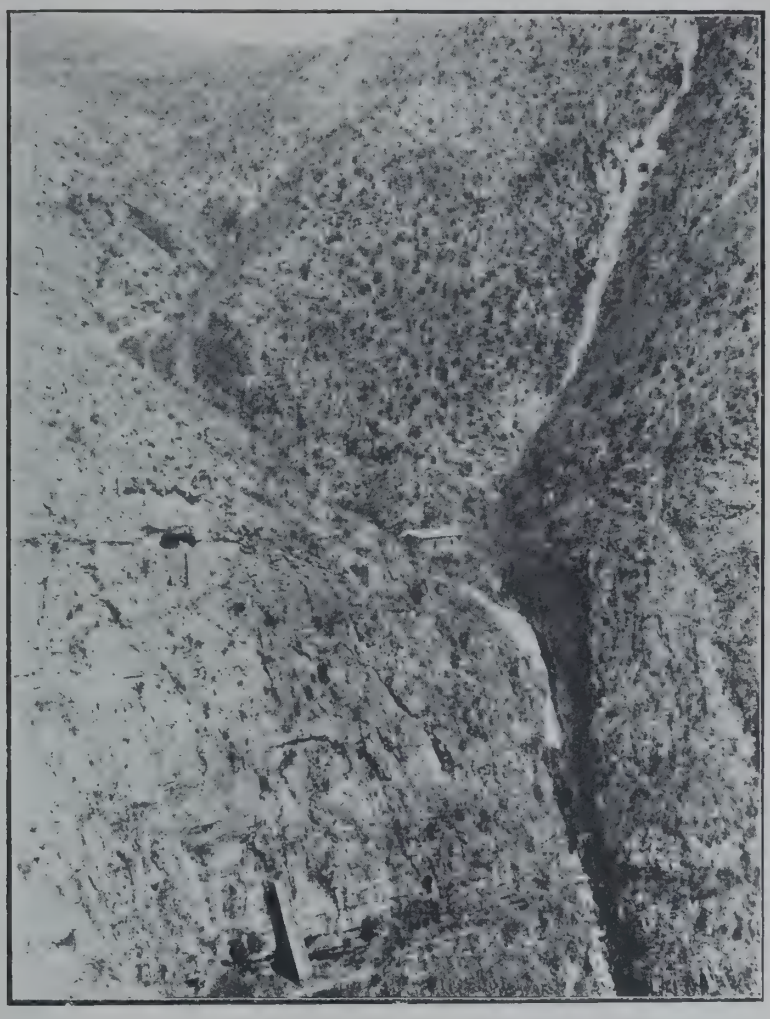
(1) "Boletín Minero," Tomo VIII, núms. 3 y 4, México, 1919, págs. 342 y sigs.

suficiente, siempre que hubiera la preocupación de hacer los trabajos desde un punto de vista económico. El transporte para la actual fundición sería insignificante, haciendo alguna instalación conveniente, pues hay evidencias de que todos estos puntos han sido descuidados antes, no habiendo el menor empeño en trabajar el fierro a un bajo precio. Los fletes para la salida de los productos, en la actualidad saldrían bastante caros: me parece que alrededor de 35 a 40 pesos la tonelada. Haciendo un cálculo aproximado de la cantidad de mineral explotado hasta la fecha, fundándose en las producciones que ha tenido esta fundición, resulta que se han aprovechado algo así como 200,000 toneladas de mineral."

Nuestra visita a esta región minera se hizo con muy mal tiempo, fué muy rápida y no se pudieron obtener buenas fotografías (fotografía número 181), a causa de la neblina y lluvia casi constantes que hubo durante los días de nuestra permanencia en ella. Visitamos solamente los criaderos de La Piedra Imán, Peña del Aguila (fotografía número 183), Las Animas, Santo Tomás y Dulces Nombres. En el criadero de la Peña del Aguila existe la pirita en una proporción muy considerable, y en los de las Animas y Dulces Nombres, las masas filonianas que los constituyen tienen rumbos de 70° NW. y 50° NW., respectivamente, con echado dominante al NE. Todos estos criaderos han sido explotados hasta ahora, con trabajos superficiales llevados a tajo abierto y localizados únicamente en la zona de oxidación, siendo probable que con una explotación más profunda se alcance un relleno metalífero en el cual dominen los minerales cupríferos, probablemente con chalcopirita dominante, que es de esperarse sean costeables, al ser tratados como minerales de cobre. No obstante que, como acabamos de decir, la explotación ha sido superficial y solamente de una parte de la zona de oxidación, la producción obtenida ha bastado para sostener por un largo período de tiempo los trabajos de la fundición de la Encarnación, situada casi al pie del cerro de Cangandó (fotografía número 182). El ensaye hecho en el Laboratorio de Química del Instituto, de una muestra de los minerales de fierro tomada por nosotros, de algunos de los montones existentes en el patio de esta fundición, dió un contenido de oro de 16.1 grms., por tonelada, y un análisis de esta misma muestra, practicado para buscar platino, dió resultado negativo. En la actualidad la mencionada fundición se encuentra muy destruída y con su maquinaria inservible. Según nos informaron, los trabajos se paralizaron desde el año de 1912, y puede decirse que el pequeño poblado de La Encarnación vive hoy solamente del tráfico del camino que pasa por allí y que va para Jacala, Tamazunchale y Quetzalapa.

En los alrededores del mineral de Pechuga existen criaderos de contacto de naturaleza semejante a los de La Encarnación, aunque mucho más pequeños, que pueden considerarse como situados en la prolongación de esa zona de contacto hacia el SE., y mencionaremos aquí un pequeño criadero de esta clase que tuvimos oportunidad de visitar, el cual se encuentra en la ladera oriental de la cañada de Pechuga y que fué alcanzado con un corto socavón, cuya boca está a 2,250 mts. de altura sobre el nivel del mar. Dicho criadero está en el contacto de las calizas de la región con dioritas porfiríticas cuarcíferas; no contiene fierro como los de La Encarnación; pero sí se presentan en él fajas de granate y, como especies minerales, galena, chalcopirita y malaquita, con wollastonita y granate como matrices.

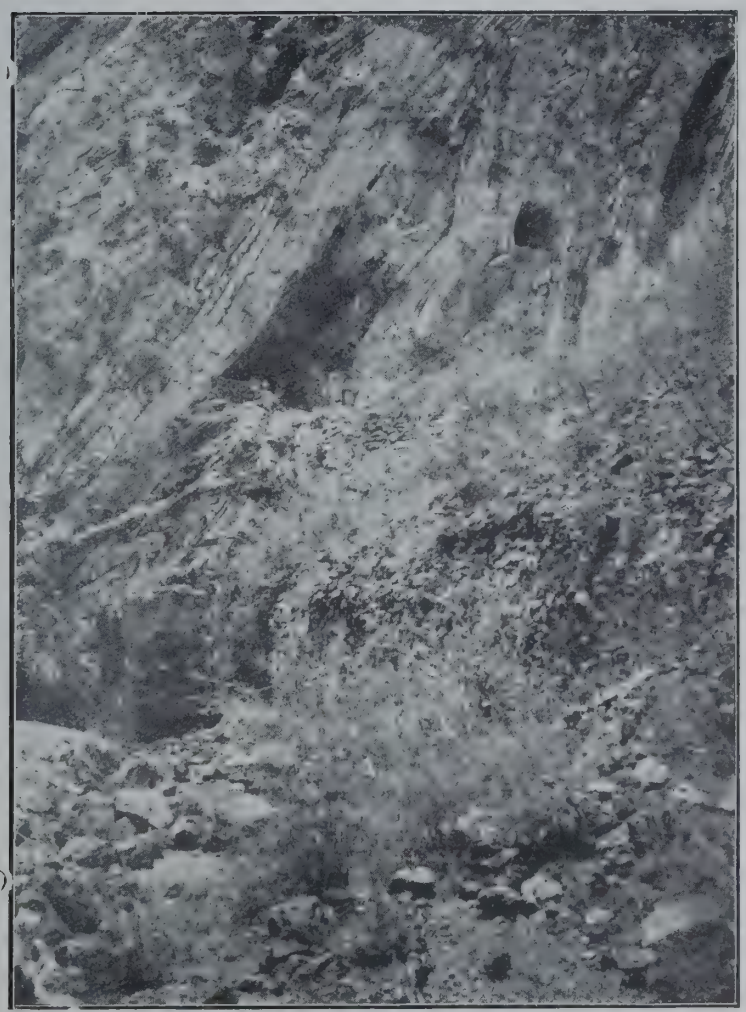
Criaderos no metálicos. Hemos dicho al principio de este capítulo que los criaderos pertenecientes a este grupo que existen en la zona recorrida, son



Fotografía número 169. Entrada al socavón "El Barreno," mina "Lomo de Toro." Mineral de Zimapán.

Fotografía número 170. Exterior y ruinas de la mina "Lomo de Toro." Mineral de Zimapán. (Calizas cretácicas plegadas.)

Library
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



Fotografía número 171. Calizas cretácicas plegadas en el exterior de la mina "Lomo de Toro." Mineral de Zimapán.

OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

poco importantes desde el punto de vista industrial. Hay algunos, como los de yeso, que son interesantes mineralógicamente o por su modo de formación; pero los cuales, por su corta capacidad, no son industrialmente explotables; otros, como los de baritina y celestita, se presentan accidentalmente asociados a los criaderos plumbíferos o plumbo-argentíferos; otros, como los de kaolín o arcillas, no son bastante puros o suficientemente refractarios para ser aprovechados en la fabricación de porcelana o materiales refractarios y cuando lo son, no se encuentran en cantidades que justifiquen una explotación formal; por último, otros han sido ya explotados en pequeña escala y utilizados, como las haloisitas que se han aprovechado para objetos de ornato o losetas de pavimento. Diremos a continuación unas cuantas palabras acerca de los criaderos no metálicos más interesantes que tuvimos ocasión de examinar durante nuestras excursiones.

Yeso. Dos criaderos de yeso estudiamos, caracterizados por ser el resultado de procesos distintos de formación. Uno de ellos se encuentra situado aproximadamente a dos kilómetros y medio al NW. del Mineral de El Chico, en la falda oriental del estribo montañoso que está separado del cerro de Arévalo por el río de Tetitlán; y el otro en el camino entre Bonanza a Zimapán, poco antes de alcanzar el puerto de La Ortiga.

El primero es un depósito de precipitación química que se encuentra sobre rocas ígneas en un área donde estas rocas están atravesadas por numerosas vetillas angostas mineralizadas, en cuyo relleno metalífero abunda la pirita de fierro; las vetas tienen un rumbo general de 40° NE. y la roca en que arman es una andesita porfirítica que presenta en su pasta fenocristales de feldespatos calco-sódicos. El yeso aparece como pequeños agregados cristalinos o como cristales aislados que llegan a tener hasta doce centímetros de longitud, en los cuales se notan las caras del prisma primitivo, la semipirámide y el clino-pinacoide, estando este último muy desarrollado. El aspecto general del lugar del yacimiento es el de un campo de desintegración, en el que se presentan las andesitas muy despedazadas y notablemente alteradas y teñidas intensamente de rojo por los óxidos de fierro; los feldespatos en la roca alterada han desaparecido completamente en unos casos, dejando sólo el hueco del lugar que ocupaban en la pasta; y en otros están en un estado muy avanzado de kaolinización. El yeso se ha depositado de preferencia en el fondo de las pequeñas depresiones alargadas que se forman en la vecindad de los crestones. La asociación de estos criaderos de yeso con los crestones de las vetas metalíferas en las que abunda la pirita y en los lugares en que las rocas andesíticas están muy alteradas, sugiere algunas ideas sobre su modo de formación, el que podría explicarse de la siguiente manera: la acción oxidante de la atmósfera y del oxígeno contenido en el agua meteórica, al obrar sobre las piritas del relleno metalífero de los crestones de las vetas, transformaron a estos sulfuros de fierro en sulfatos de fierro, ácido sulfúrico y óxidos de fierro, los que, al impregnar a la andesita, le dieron el color amarillo o rojizo que presenta; bajo esta misma acción oxidante y bajo la influencia del ácido carbónico que contienen disuelto las aguas meteóricas, los feldespatos calco-sódicos de la andesita se transformaron, por una parte, en carbonatos de sodio o potasio, y, por otra, en silicatos hidratados de alúmina. Así se formaron los compuestos necesarios para dar origen al yeso: ácido sulfúrico, sulfatos y carbonatos que, al entrar en reacción, precipitaron químicamente al sulfato hidratado de calcio ($Ca\,SO_4\,2H_2O$), cuya composición corresponde a la de esta especie mineral. La precipitación

se verificó, probablemente, en el fondo de las pequeñas depresiones a que hemos hecho referencia y principalmente después de las épocas de lluvia, pues el agua meteórica no obró solamente como disolvente, sino que arrastró a estas cuencas a los dichos materiales y los puso en presencia de otros.

El criadero de yeso de La Ortiga se encuentra situado en una meseta de reducida extensión superficial que existe en las faldas septentrionales de la cresta montañosa conocida con el nombre de cerro de Shajai, y parece ser el resultado del depósito, por evaporación, del sulfato de calcio contenido en agua saturada de esta sal. Afecta este depósito la forma de una capa de yeso de espesor muy irregular (hasta de 25 cents. como máximo), que descansa sobre las capas de caliza, cuya estratificación general es de 30° NW., con inclinación al SW., variable entre 50° y 63°. El criadero está cortado por el camino de herradura que va de Bonanza a Zimapán, y el yeso se presenta en él con una estructura fibrosa y su lustre de seda característico. Su origen podría atribuirse en este caso, dada la predominancia de rocas calizas en esta porción de la zona explorada, a la acción de las aguas ácidas sulfurosas sobre estas rocas, aguas que deben haberse formado durante una de las fases fumarólicas que acompañaron a las erupciones riolíticas a que hemos hecho referencia en el lugar correspondiente de este informe; las riolitas son esferulíticas y forman un macizo eruptivo situado al N. y NE. del depósito y a muy corta distancia de él. Este criadero de yeso ocupa mayor extensión superficial que el de los alrededores del Mineral de El Chico; pero no es tampoco de importancia industrial.

Baritina y celestita. La baritina se presenta como matriz en algunos criaderos metálicos y la señalaremos aquí como matriz predominante en el criadero de manganeso de El Aguila, en el Mineral de Las Plomosas que hemos citado ya en párrafos anteriores. Asociada a la celestita se encuentra la baritina, en una proporción relativamente abundante, en el criadero plumbo-argentífero de San Antonio el Viejo, en el Mineral de El Cardonal, apareciendo allí estas dos especies minerales, ya reunidas, ya aisladas, bajo la forma de vetillas angostas de 5 a 20 cents. de espesor, que se intercalan en el relleno metalífero de ese criadero. Del orden y disposición que tienen estas vetillas, puede dar idea el corte transversal (lámina núm. 33), de N. a S., que hicimos en una bocamina de las pertenencias de La Soledad, situada al N. de la mina de San Vicente, en ese Distrito Minero.

Kaolín y arcillas. Las arcillas, más o menos impuras, se encuentran constantemente en la zona, y proceden de la alteración de los feldespatos de las diferentes variedades de rocas ígneas que existen en ella, de la decalcificación de las calizas o margas, o de la desintegración de las pizarras arcillosas. En algunos lugares forman suelos residuales que descansan sobre las mismas rocas de que provienen o suelos de acarreo de algún espesor.

Las arcillas residuales se encuentran en cierta cantidad en las siguientes localidades: ranchos de Carboneras y Santiaguito, situados en los alrededores de El Chico, al NE de la población de ese Mineral; en el cerro Colorado, al N. NE. de la hacienda de La Estancia, del Distrito de Actopan, y en la planicie de Atotonilco el Grande. Las arcillas procedentes de las localidades al principio citadas, han sido originadas por la kaolinización de los feldespatos de las andesitas, y son a veces bastante puras; pero debido a la topografía del terreno, que está constituído por una serie de colinas arredondadas, los productos arcillosos formados *in situ*, que son entonces bastante puros, son arrastrados hacia las partes bajas, en donde se mezclan

Fotografía número 172. Boca del socavón de San Guillermo. Entrada actual a la mina "Lomo de Toro." Mineral de Zimapán. (Nótese el dique andesítico sobre el cual está abierto el socavón.)

OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

con productos no descompuestos y pierden así su pureza. Como las rocas andesíticas, contienen con frecuencia bastante pirita, que al alterarse bajo la acción de los agentes de la intemperie, producen sulfatos y óxidos de fierro, las arcillas están teñidas de amarillo o rojo por estos productos de oxidación. Los depósitos arcillosos de Atotonilco el Grande que pudimos anotar, se encuentran situados al N. y NW. de los parajes conocidos con los nombres de El Carmen, La Venta y El Comanche; pero debe haber seguramente depósitos residuales de una extensión mayor en esta meseta, la que, por ser una llanura casi horizontal, se presta poco a que estos depósitos sean removidos. El color de la arcilla de esta localidad es rojizo o de un café bastante oscuro.

Las arcillas de los suelos de acarreo son, por lo general impuras y ocupan de preferencia los valles de Actopan e Ixmiquilpan. El señor ingeniero Paredes, en su informe hidrológico de este valle, menciona kaolines explotables existentes en él, así como materiales para la fabricación de cemento, arenas que pueden utilizarse en la elaboración del vidrio, piedra pómez y semi-ópalo. Nosotros solamente encontramos kaolín, bastante puro, en las salbandas de la veta de Arévalo, que tiene únicamente interés mineralógico por estar cristalizado en laminitas de apariencia exagonal. Entre las arcillas que provienen de la decalcificación de las calizas y margas, o de la desintegración de las pizarras arcillosas, mencionaremos las que se encuentran en el puerto de El Atole, en el camino de Zimapán a las minas de El Monte, las de los alrededores del Mineral de Las Plomosas y, en general, todas aquellas que han sido transportadas en las partes bajas de los sitios en que afloran estas rocas sedimentarias.

Haloisitas, ocres y ópalos. En el camino de Atotonilco El Chico al rancho de San Francisco Capulines, a 10 mts. al NW. de la primera población citada, se encuentra el cerro del Jaspe, en cuyas cercanías existe un criadero de haloisita, especie mineral que es conocida allí con el nombre de "jaspe." Se puede llegar a este lugar, saliendo del Mineral de El Chico, por el camino que conduce a Capula, hasta alcanzar el puerto de Cruz de Cadena y tomando después una vereda que va a unirse con el camino de Actopan. En todo este trayecto, el camino asciende hasta llegar al paraje llamado llano de Miguel Pérez, que ofrece la apariencia de un pequeño valle abierto, en cuya formación han intervenido los procesos destructivos de alteración y erosión de las rocas. Desde este paraje, la vereda comienza a descender hacia el lecho del río de Capula, que es tributario del Amajac. Las rocas que se encuentran, al seguir estos caminos, son andesitas grises o rosadas acompañadas de sus tobas y brechas respectivas, hasta el llano de Miguel Pérez. De allí en adelante comienzan a aparecer las andesitas, atravesadas por erupciones riolíticas, algunas de las cuales afectan la forma de diques, de una dirección general de 80° NE.; la textura de estas riolitas es francamente fluidal, y su color es rojizo cuando están frescas, y de un color blanco sucio cuando están alteradas.

El criadero de haloisita se encuentra localizado en uno de estos macizos riolíticos, en un lugar en el que la masa de la roca está cruzada por numerosas fracturas (juntas, diaclasas, etc.), que han hecho que sea fácilmente accesible a la acción de los agentes atmosféricos y aguas meteóricas. La haloisita es bastante bonita, su coloración general es de un amarillo claro muy uniforme, que constituye un fondo en el cual resaltan vetas o fajas concéntricas de colores café, rojizo, azul o morado, que hacen que el conjunto tome un aspecto muy hermoso, para ser utilizado como material de ornamen-

tación o para la fabricación de objetos de arte. Este material proviene de la alteración de la riolita, originada por la atmósfera y las aguas meteóricas que circularon por las fracturas que atraviesan esta roca, alteración que produjo la total kaolinización de sus feldespatos. Esta alteración fué favorecida, además, por las condiciones topográficas del lugar, a las que se debe que esta masa riolítica agrietada esté constantemente expuesta a la acción de los vientos húmedos reinantes del NE. y a la acción alterante de las aguas de lluvia. El proceso químico de formación de este silicato de alúmina parece haber sido el siguiente: los feldespatos potásicos y calco-sódicos, sometidos a la acción del CO_2, contenido en la atmósfera y, sobre todo, en las aguas meteóricas, perdieron su potasio, calcio y sodio bajo la forma de carbonatos o bicarbonatos solubles, y, por consiguiente, fácilmente transportables, dejando así solamente el silicato de alúmina de estos elementos mineralógicos de la roca, que sufrieron, al mismo tiempo, una hidratación. La acción oxidante de la atmósfera y de las aguas de lluvia sobre la mica negra y pirita dió origen a óxidos de fierro (óxido y sesquióxido hidratados), que fueron arrastrados y depositados en las grietas o impregnaron a las porciones alteradas de la roca; por último, las materias orgánicas experimentaron también los efectos de esta acción oxidante que causó en ellas una especie de combustión incompleta. La reunión en determinado lugar de la masa de la roca de varias fracturas, hizo en ese lugar más fácil su ataque y allí se produjo una alteración que tuvo lugar de la periferie al centro y que originó la coloración en bandas concéntricas; en el caso de fracturas paralelas, la alteración se efectuó según ellas, formándose así las vetas o fajas coloridas. Los distintos colores y tonos que presenta este material son el café rojizo, debido a los óxidos de fierro, el negro o rosado, a los óxidos de manganeso, y el negro, azul o morado, a las materias orgánicas.

Un análisis químico hecho en el Laboratorio del Instituto, por el señor Salvador Soto Morales, con muestras de este material, colectadas por nosotros, dió el resultado siguiente:

Humedad a 110° C.	0.356 %
Pérdida al rojo.	1.843 „
SiO_2.	35.540 „
Fe_2O_3.	17.420 „
Al_2O_3.	30.520 „
TiO_2.	1.980 „
FeO.	0.684 „
CaO.	0.380 „
MgO.	Huellas.
MnO.	0.510 %
Na_2O.	6.541 „
K_2O.	3.839 „
SUMA.	99.613

Los fenómenos de alteración y oxidación que acabamos de señalar en las riolitas se realizaron también en las andesitas, especialmente en las de la sierra de Pachuca, donde debido a estos fenómenos, aparecen estas rocas cubiertas de manchas de diversa extensión superficial y de variados colores: gris azulado, verde oscuro o claro, rojo de distintos tonos. En ciertos lugares de activa desintegración se han formado depósitos terrosos que podrían ser utilizados como ocres en la industria de la pintura. Uno de estos sitios, en el cual

Fotografía número 173. Calizas granatizadas en el camino entre las minas de "Lomo de Toro" y "Balcones." Mineral de Zimapán.

Fotografía número 174. Mina de "Balcones." Mineral de Zimapán.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

existen tierras de color rojo, casi carmesí, puede verse en el camino que conduce de la hacienda de La Estancia al Mineral de Las Plomosas, después de pasar por el puerto de La Rodilla y cerca del rancho de Las Plomosas; y otras, de color gris azulado, amarillento o rojizo, en los alrededores de Santiaguito, al NE. de El Chico. En el Mineral de El Cardonal se explotan por los nativos, como ocres colorantes, los óxidos rojo y amarillo de fierro que se presentan en la zona de oxidación de los criaderos plumbíferos, que llaman allí "almagres" y los cuales se venden en diversos centros industriales del país.

En las rocas áridas de la región, principalmente en las riolitas, se presentan en ciertas localidades ópalos, semi-ópalos, hialita y calcedonia. Don Andrés del Río menciona (1) una especie de ópalo de Zimapán, recogida por Sonneschmid, en la barranca de Tolimán, que corresponde al ópalo de fuego que llevó a Europa el Barón de Humboldt, y cita un análisis químico de esta especie mineral, practicado por Klaproth, que dió los constituyentes siguientes: ácido silícico 92%, óxido de fierro 0.25% y agua 7.75%. Cuando visitamos esta localidad no encontramos ningún criadero de este mineral en explotación; parece que desde hace tiempo se agotaron estos criaderos de ópalo, los que nunca tuvieron la importancia de los de los Distritos de Tolimán, Amealco, San Juan del Río y Cadereyta, del Estado de Querétaro, que han producido cantidades considerables de ópalo fino y cuya explotación ha constituído, desde hace largo tiempo, una industria de los habitantes de dicho Estado.

Materiales de construcción.—Los materiales de construcción se presentan de preferencia en la extremidad SE. de la zona, en la cual dominan las rocas ígneas macizas (andesitas, riolitas y basaltos), y las brechas y tobas volcánicas (brechas y tobas andesíticas, riolíticas), que se han utilizado en las construcciones; las andesitas y riolitas se aprovecharon en tiempos pasados para las obras de fortificación en las minas, y estas mismas rocas, unidas a las brechas y tobas, en los edificios. En los Distritos de Pachuca y Real del Monte, que están fuera de la zona estudiada, son numerosas las canteras que se explotan, pero aquí sólo referiremos las que están dentro de la zona que visitamos. Las principales fueron las de cerro Partido y El Pueblito, situadas en los alrededores del Mineral de El Chico, y las de Dos Cerritos, ubicadas en terrenos de la hacienda de Canguihuindo, del Distrito de Actopan. Las primeras están abiertas en tobas y brechas volcánicas (andesíticas y riolíticas), y proporcionan un material de color blanco o ligeramente rosado en las tobas y constituído por fragmentos de roca verde o café, en medio de una parte blanca o rojiza en las brechas. De estos materiales hay uno compacto y denso, que resiste bastante a la compresión, y otro generalmente poroso y de color muy claro, casi blanco, de menor densidad, que resiste menos. Algunas pruebas de resistencia a la compresión hechas en la máquina "Rhielé" de este Instituto, por el señor ingeniero Pedro A. Landero, y en la Escuela Nacional de Ingenieros, dieron los siguientes resultados:

(1) Elementos de Orictognosia, página 272.

	A la compresión — Kgs. por ctm. cuadrado	Error probable en kgs. por ctm. cuadrado	Por ciento de error probable
En la máquina Rhielé, promedio de 20 pruebas, material denso del "Cerro Partido," resistió.....	687.18	± 7.88	1.15
En la misma máquina, promedio de 8 pruebas, material poroso de "Cerro Partido," resistió.....	448.31	± 5.40	1.20
En la misma máquina, promedio de 10 pruebas, material de "El Pueblito.".....	95.35	± 0.81	0.85

El por ciento de error es con relación al promedio.

Pruebas hechas en la Escuela Nacional de Ingenieros:

CERRO PARTIDO

Muestra	Area en ctms. cuadrados	Carga en kgs.	Resistencia a la compresión en kilogramos por ctm. cuadrado.	Peso de la muestra
Número 1.....	47.61	26,300	553	670 grs.
„ 2.....	47.61	25,900	545	675 „
„ 3.....	47.61	28,790	605	675 „
Promedio.....	.....	.....	568	

EL PUEBLITO

Muestra	Area	Primera grieta	Ruptura
Número 1.....	127 × 27 m/m	61.1 k.	88.1 p. cent. cuad.

En las canteras de Dos Cerritos (Canguihuindo, fotografía número 107) se explotan dos clases de basalto: uno, compacto, de color gris o negro, y otro, rojizo, vesicular, que es casi un "tezontle." El primero se presenta bajo la forma de masas o diques muy delgados que atraviesa al segundo (fotografías números 104 y 105). Los trabajos de estas canteras se llevaban, en la época de nuestra visita, con cierta actividad y han proporcionado material de construcción a la población de Actopan, a la hacienda de Canguihuindo y a otras haciendas de los contornos; y el "tezontle" ha sido utilizado como balastre en algunos tramos de la vía construída del Ferrocarril de Pachuca y Zimapán a Tampico. Algunas de las rocas metamórficas que existen en la zona explorada, especialmente la caliza, podrían suministrar mármoles de mediana calidad, cuya explotación aún no se ha iniciado siquiera.

Fotografía número 175. Entrada a la mina de "San Francisco" por el socavón de Chalma. Mineral de Zimapán.

Fotografía número 176.—Entrada a la mina de "El Rosario." Mineral de Zimapán.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

CAPITULO VI

GENESIS, CLASIFICACION Y EDAD DE LOS CRIADEROS

En el capítulo precedente hemos expuesto algunas ideas acerca de los procesos que intervinieron en la formación de los criaderos minerales, tanto metálicos como no metálicos, e hicimos también un ensayo de clasificación de los criaderos, teniendo en cuenta, ya sea esos procesos genéticos o la naturaleza petrográfica de la roca en que se encuentran contenidos, o bien, tomando como base la sustancia útil en ellos explotable, sin pretender, por supuesto, reunir o separar entre sí, de una manera absoluta, los diversos tipos de criaderos que establecimos en el cuadro correspondiente de clasificación, pues tales clasificaciones son más o menos artificiales y no es posible separar o diferenciar por completo fenómenos conexos naturales o causas diferentes, que al obrar simultáneamente, dan lugar a tipos de transición, que presentan caracteres comunes de distintos tipos, como sucede, por ejemplo, en el caso que antes hemos señalado de ciertos criaderos metálicos de Zimapán, en los cuales se observan caracteres muy claros de la silicatación típica de los criaderos de contacto y a la vez fenómenos de sustitución hidro-termal, que acercan a estos criaderos a los de naturaleza metasomática, demostrando los hechos observados que en estos criaderos se efectuaron en distintos grados de intensidad, pero simultáneamente, fenómenos de contacto, de metamorfismo ígneo y de sustitución hidro-termal.

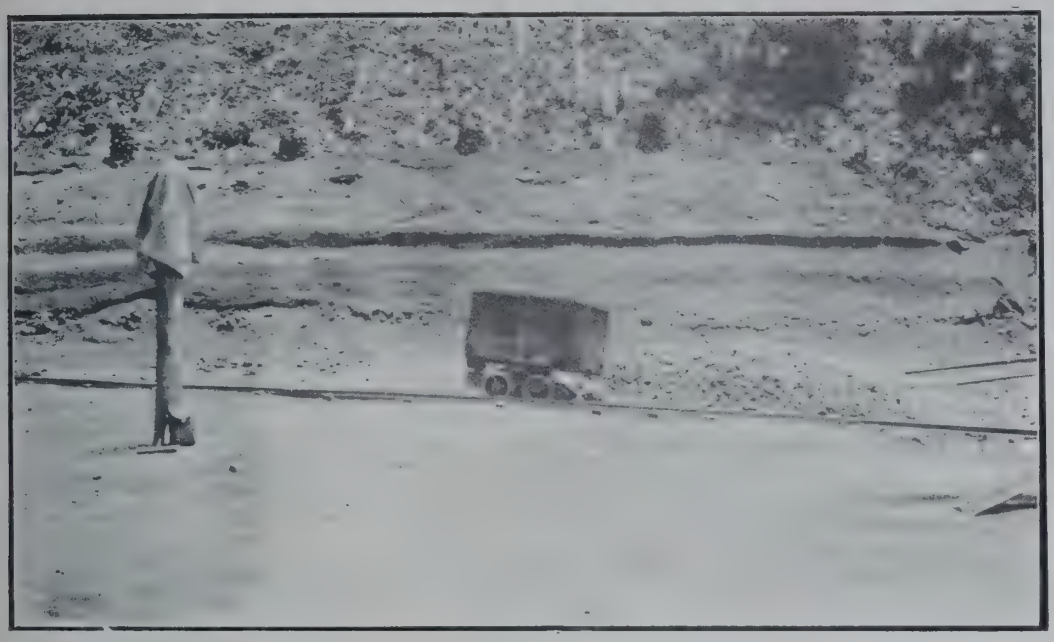
Haremos aquí, por lo tanto, solamente algunas consideraciones referentes a la estrecha relación genética que se observa entre las diferentes rocas ígneas que se presentan en la zona recorrida y los criaderos minerales de la misma, así como también algunas otras consideraciones acerca de la profundidad probable a la que se formaron los criaderos y a la época metalogénica en la que éstos aparecieron, y, por consiguiente, relativa a la edad que les corresponde.

Con respecto al primer punto mencionado, haremos notar que, examinando con detenimiento la distribución superficial de las rocas ígneas en el croquis geológico respectivo de la zona (lámina 1), llama desde luego la atención la proximidad a que se encuentran los criaderos metalíferos de estas rocas ígneas. En efecto, los criaderos de fierro de La Encarnación, Flojonales y San José del Oro, se encuentran en la zona de contacto de las calizas de esa región con rocas ígneas intrusivas (sienitas, monzonitas y dioritas cuarcíferas); los criaderos plumbo-argentíferos, plumbo-cupríferos y argentíferos, del Mineral de Zimapán, en o cerca de masas ígneas de andesita o de diques andesíticos o dioríticos; los criaderos de La Bonanza y Pechuga están cerca de las intrusiones de granitos o dioritas en calizas y pizarras arcillosas; las vetas auríferas de San Clemente arman en riolitas; los depósitos plumbíferos del Distrito de El Cardonal están situados cerca del gran macizo riolítico formado por los cerros de El Santuario, Roqui y San Clemente, y, por último, los criaderos plumbo-argentíferos del Mineral de Las Plomosas se encuentran también situados a distancias más o menos cortas de rocas ígneas, que son las andesitas de la vertiente septentrional de la sierra de Pachuca. En esta vertiente y en estas mismas rocas se encuentran contenidas las vetas argentíferas de los centros mineros de Atotonilco El Chico, Capula, Santa Rosa y Tepenené, cuya formación, como ya lo hemos hecho notar en otro lugar de este estudio, parece

estar en relación genética con las erupciones riolíticas que tuvieron lugar en esa región minera a fines del terciario.

No es menos aparente esta estrecha relación genética de las rocas ígneas con los criaderos minerales, cuando de la superficie del terreno se pasa a la profundidad. Así, en el Mineral de El Chico y sus alrededores son numerosas las intrusiones riolíticas que, bajo la forma de pequeños macizos y principalmente de diques, comienzan a presentarse desde los niveles más profundos de las minas hasta el exterior. Citaremos una vez más entre otros, el importante dique riolítico que acompaña constantemente a la veta de Arévalo en aquel Mineral, y que se observa, como hemos visto, al alto de dicha veta desde el nivel Potomac (que es el más profundo de la mina y se encuentra situado, aproximadamente a 400 metros abajo de la superficie), y después, sucesivamente en los niveles superiores "N," Leyden, Keppler, Hércules, Hidalgo, Finlandia y Atila, hasta la superficie, en donde aflora juntamente con la veta, muy cerca del tiro de California; este mismo dique se presenta también a la profundidad y en la superficie en las minas de Tetitlán, San Eugenio en Capula, y La Trinidad, en Tepenené. En la mina de Tetitlán, la intrusión riolítica no afecta ya, como lo hemos hecho notar, precisamente la forma de un dique, sino más bien la de una intrusión irregular que se presenta también al alto de la veta y que parece desprenderse, como algunos otros diques, del macizo ígneo de Las Monjas. En la mina de La Cruz, en Santa Rosa, existen también intrusiones riolíticas perfectamente caracterizadas, cerca de las principales vetas que se explotan en esa mina.

Es, pues, muy probable que el relleno mineral de las vetas argentíferas de esa región minera, se haya formado durante el enfriamiento y consolidación del magma de esas intrusiones riolíticas. El agua que se desprendió de este magma en fusión ígneo-acuosa, debe haber estado a temperatura elevada (muy probablemente parte de ella al estado de vapor), y debe haber contenido bastante ácido silícico, procedente de la riolita y disueltas, además, en su seno, las diferentes especies minerales que forman el relleno primario de las vetas; éstas especies minerales se precipitaron y cristalizaron al disminuir la presión y temperatura de la solución o al mezclarse ésta con soluciones más o menos frías, de aguas meteóricas descendentes de diferente composición química, constituyéndose así el relleno mineral. Durante la circulación de las aguas termominerales ascendentes a través de las fracturas y fallas en las que se encuentran contenidas las vetas, se efectuaron, además de la precipitación y cristalización de las referidas especies minerales, fenómenos de silicificación o de sustitución metasomática entre las aguas mineralizantes y la roca de los respaldos, que trajeron como consecuencia la mineralización y muchas veces la propilitización de la roca encajonante, a distancias variables de los respaldos de las vetas. Este hecho podría explicar por qué en ciertos tramos de la veta de Arévalo, en los cuales hubo facilidad para la circulación de las mencionadas aguas, se ensancha la zona mineralizada más allá de los respaldos de la veta, como sucede en el tramo situado en el extremo occidental del cañón de Hércules, donde la potencia de la zona mineralizada, de baja ley, llega a ser de algunas decenas de metros. Tanto esta mineralización, que se extiende a distancias variables de los respaldos, como la propia del relleno de la veta, ha sufrido acciones químicas posteriores que han sido facilitadas por la presencia de las fallas secundarias que se presentan cerca de la falla principal, a lo largo de la que se encuentra localizada esta importante veta. A la presencia de estas fallas secundarias y acciones químicas posteriores, se debe la naturaleza



Fotografía número 177. Patio de la mina de "San Francisco." (Con un montón de mineral pyritoso en combustión.) Mineral de Zimapán.

Fotografía número 178. Pequeños hornos metalúrgicos en el patio de la mina de "Dolores." Mineral de Zimapán.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

especial de su relleno el que, como hemos dicho, afecta la forma de lentes yuxtapuestas, que aparecen como imbricadas, en las cuales la mineralización ofrece marcadas variaciones de una lente a otra, pues hay lentes completamente estériles que alternan con otras en las cuales se encuentran minerales muy costeables o aun de alta ley.

Hemos visto que los sulfuros que se presentan en la zona de diferenciación primaria del relleno metalífero de las vetas de esta región minera, son sulfuros de plata (entre los que predomina la argentita), y sulfuros de fierro, plomo y zinc. Estos sulfuros, que son solubles en las aguas mineralizantes que contienen hidrógeno sulfurado (ácido sulfídrico) o bióxido de carbono (ácido carbónico), se vuelven insolubles, y, por consiguiente, se precipitan cuando en dichas aguas disminuye notablemente la cantidad de esos gases o cuando se forman en ellas sulfuros, sulfhidratos alcalinos y alcalino-terrosos en los cuales tampoco son solubles los referidos sulfuros. La formación de estos compuestos alcalinos y alcalino-terrosos, se debe al ataque que las aguas magmáticas (1), ya sea solas o mezcladas a las meteóricas, efectúa sobre las rocas feldespáticas o calcáreas a través de las cuales circulan, ataque del cual resulta una solución en la que se encuentran en equilibrio químico; por una parte, el ácido carbónico y los sulfuros y sulfhidratos alcalinos y alcalino-terrosos, y por la otra, el ácido sulfhídrico y los carbonatos alcalinos y alcalino-terrosos. La diminución de la cantidad de ácido sulfhídrico libre contenida en la solución, puede haber tenido lugar por varias causas: por la diminución de la temperatura y de la presión, o bien por la acción química que ejerció dicho ácido sobre los carbonatos alcalino o alcalino-terrosos, acción que dió lugar a la formación del sulfuro de calcio y ácido carbónico libre. En ciertas vetas de esta región minera, como en las de San Marcial y Pabellón, y en una zona relativamente superficial, se presentan los sulfo-arseniuros y sulfo-antimoniuros de plata, sulfo-sales que no se encuentran en el relleno metalífero de las demás vetas del Distrito. La formación de estas sulfo-sales podría atribuirse a esa diminución de ácido sulfhídrico, efectuada en condiciones especiales, al bajar la temperatura y la presión de las soluciones mineralizantes, cuando éstas se aproximaron a la superficie del terreno. En efecto, la diminución en bastante cantidad de ácido sulfhídrico, trajo como consecuencia la diminución, en la misma proporción, de la aptitud de las aguas mineralizantes para formar sulfuros de plomo, pero en cambio, los sulfuros, sulfhidratos y carbonatos alcalinos permitieron la disolución de los sulfuros de arsénico y antimonio, y las sulfo-sales así formadas causaron la disolución de los sulfuros de plata. En esta solución pudo haber tenido lugar la precipitación de dichas sulfo-sales, principalmente por la causa ya señalada o por estas otras: por cristalización si la solución estaba sobresaturada, por oxidación de la solución si se mezcló con aguas de origen meteórico conteniendo oxígeno libre, oxidación cuyo efecto fué transformar los sulfuros y sulfhidratos alcalinos y alcalino-terrosos, en los tiosulfitos correspondientes (hiposulfitos) en los cuales son insolubles los sulfuros y sulfo-antimonitos metálicos ya citados (2). Esta zona, que se presenta en las vetas de San Marcial y Pabellón, parece pues corresponder a un horizonte de mineralización menos profundo,

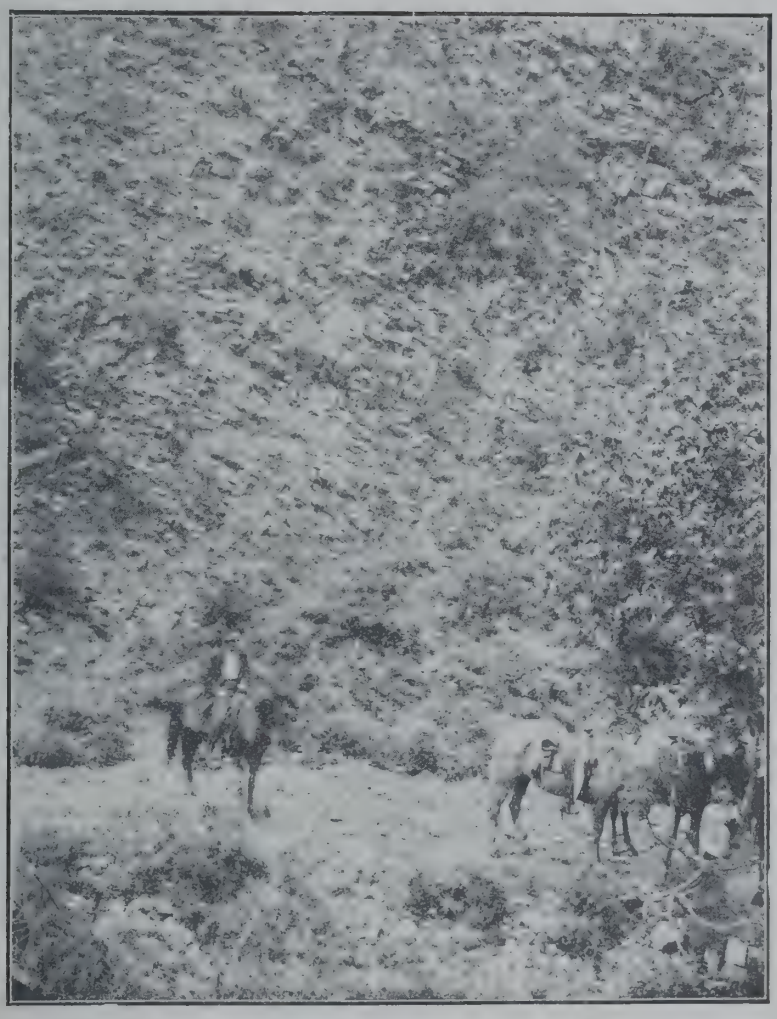
(1) J. D. Villarello. "Sur le remplissage de quelques gisements métalliferès." Compte Rendu de la Xme. Session du Congrès Géologique International. México, 1906, páginas 545 y siguientes.

(2) Compte Rendu du Xme. Congres Géologique International. Loc. cit., pág. 546.

genéticamente considerado, que el general de las otras vetas argentíferas de esta región minera.

En el Distrito de El Cardonal, las rocas ígneas se presentan en el interior de algunas minas, bajo la forma de pequeñas masas intrusivas de granodioritas o como diques de esta misma roca o de riolita, los que aparecen en algunos lugares de la superficie del terreno, después de atravesar a los sedimentos mesozoicos que constituyen la formación geológica más importante de esa localidad. La distancia horizontal de los afloramientos de los criaderos minerales al macizo riolítico de El Santuario, es de más de dos kilómetros, pero de este macizo eruptivo se desprenden protusiones o diques que cruzan en distintas direcciones a los cerros Mineral y de Las Minas, cerca de los lugares en donde se encuentran localizados los principales yacimientos. Estos criaderos plumbo-argentíferos fueron originados por fenómenos de disolución, transporte y precipitación semejantes a los que acabamos de estudiar en los criaderos que armen en rocas ígneas, solamente que la precipitación química de los sulfuros de plomo y zinc se efectuó en condiciones aún más favorables, a causa de que la diminución del hidrógeno sulfurado libre, contenido en las aguas mineralizantes, fué muy rápida por razón del fácil ataque por este agente químico, de las calizas en que se encuentran contenidos. Las aguas termominerales ascendentes, al circular a través de la caliza, siguiendo las fracturas, pliegues y demás accidentes que presenta esta roca (causados por las acciones tectónicas generales antes estudiadas), efectuaron su disolución, ensanchando así las cavidades por las que circularon, las que constituyeron más tarde la caja de los criaderos, al efectuarse en ellas la precipitación de los sulfuros metálicos contenidos en dichas aguas. La disolución de las calizas, por la acción de los ácidos sulfhídrico y carbónico, y también por la de los sulfuros alcalinos, fué más eficaz en aquellos lugares de fácil acceso en los que pudo haber mayor circulación de las aguas y que corresponden a los lugares en que las fracturas se reunían o eran más numerosas, fracturas por otra parte, que se extendían a veces bastante, en el sentido horizontal, o se prolongaban a profundidad. El camino seguido por las aguas termales fué muy irregular, a veces ascendente, otras lateral, o, en general, sinuoso, y la forma de estos criaderos fué, por lo tanto, muy irregular, excepto en el caso en que las aguas circularon a través de una fractura de rumbo y echado muy constantes o siguieron los lechos de estratificación de la caliza, o los huecos de los pliegues, en cuyo caso afectaron los criaderos la forma aparente de veta o la lenticular.

Durante la circulación de las aguas termo-minerales ascendentes, el equilibrio químico de que hemos hablado que existía entre los diferentes compuestos que contenían estas aguas, se alteró; la cantidad de hidrógeno sulfurado disminuyó cada vez más, mientras que la de ácido carbónico aumentó, influyendo esto para activar la disolución del carbonato de calcio al estado de bicarbonato. Por su parte, las aguas meteóricas descendentes que contenían también ácido carbónico libre, disolvieron de la misma manera las calizas y al encontrarse con las aguas termales ascendentes perturbaron de nuevo este equilibrio químico y provocaron, a su vez, la precipitación de los sulfuros metálicos por descenso de temperatura y de presión, y por la notable diminución del ácido sulfhídrico libre y sulfhidratos alcalinos, que se verificó al obrar estos agentes químicos sobre el carbonato y bicarbonato de calcio presentes en dichas aguas. Así quedó formado el relleno metalífero de estos criaderos minerales, en el cual tuvieron lugar posteriormente y arriba del nivel hidrostático



Fotografía número 179. Capas cretácicas plegadas en la Barranca de San José del Oro, camino al Mineral de La Encarnación.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

de la región, una serie de fenómenos de oxidación, sulfatización y carbonatación producidos por las aguas superficiales oxidantes, a los cuales se debe un enriquecimiento secundario y la formación de los óxidos y sulfatos de fierro y carbonatos de plomo que se presentan en la zona de oxidación de estos criaderos, zona que ha sido, hasta ahora, casi la única explotada y de la que se ha extraído, de preferencia, la cerussita que aparece en hilos o en zonas concéntricas que rodean a núcleos de galena. A la profundidad, dominan en el relleno metalífero de estos criaderos la galena y la blenda y puede decirse que son en realidad criaderos mixtos de plomo y zinc, con tendencia a convertirse hacia abajo en criaderos de este metal únicamente.

En Zimapán hay algunos criaderos plumbo-argentíferos, contenidos también en calizas, como por ejemplo el que se explota en la mina de Lomo de Toro, cuya formación puede explicarse por procesos genéticos análogos a los que acabamos de estudiar; pero hay otros plumbíferos, plumbo-antimoníferos o plumbo-cupro-argentíferos, en cuya formación deben haber intervenido procesos de metamorfismo ígneo, y, por consiguiente, temperaturas y presiones altas y no relativamente bajas, como las correspondientes a las soluciones termominerales que originaron las vetas argentíferas de la región de Atotonilco El Chico y los criaderos plumbíferos de El Cardonal. En efecto, en esta otra clase de depósitos minerales son muy notables los fenómenos de silicatación que en ellos se presentan, los cuales requieren, para producirse, altas temperaturas; estos fenómenos consisten principalmente en la granatización de la caliza, con formación de otros silicatos acompañantes, tales como la wollastonita, danbourita, etc., y sulfuros metálicos, y pueden observarse en los criaderos plumbo-argentíferos y plumbo-cupro-argentíferos, de Zimapán, que se localiza en o cerca de la zona de contacto de las calizas con diques dioríticos o andesíticos, y en los criaderos de fierro de La Encarnación y sus contornos, que están situados cerca de las intrusiones de dioritas cuarcíferas. En los alrededores de la mina de Balcones son notables los fenómenos de metamorfismo exógeno de contacto, a los que se debe la transformación de la caliza en mármol a lo largo de la zona de contacto y la formación de silicatos de metamorfismo; allí se presentan fajas de granate que se han formado a lo largo de grietas, o según los lechos de estratificación de la caliza; en las cercanías del depósito de jamesonita de La Sirena, Waldemar Lindgren (1) señala la presencia de un dique que provocó un intenso metamorfismo, cuyos caracteres no podrían explicarse por la acción de aguas a baja temperatura. Este mismo autor, después de un minucioso estudio de la asociación de las distintas especies minerales y matrices que constituyen el relleno metalífero de este depósito y del examen microscópico y análisis de las inclusiones fluídas que se encuentran en el cuarzo, llega a fijar, teniendo en cuenta además la curva de solubilidad del cloruro de sodio, como temperatura probable existente durante la génesis de este depósito, la de 400° a 550° C. La presencia de turmalina en los diques andesíticos de los alrededores de las minas de Pamplona y Guanajuato parece demostrar, que durante la génesis de los criaderos plumbo-argentíferos en los que se han abierto esas minas, hubo también una temperatura elevada, y otro tanto podríamos decir de los criaderos de las minas de Dolores y La Concordia, por encontrarse estos yacimientos muy cerca de macizos de roca intrusiva de origen profundo; pero ya hemos visto que existen en Zimapán algunos otros criaderos, como

(1) Economic Geology. Loc. cit., pág. 460.

los plumbo-argentíferos antes mencionados y otros exclusivamente argentíferos, como, por ejemplo, las vetas de las minas de Providencia y Santa Gorgonia, que se formaron a temperaturas relativamente bajas.

Si tenemos en cuenta ahora la estructura que presenta el relleno metalífero de los diversos criaderos minerales existentes en la zona recorrida, podremos hacer algunas inferencias acerca de la profundidad probable a que se formaron estos criaderos. En las vetas de los Minerales de El Chico, Capula, Santa Rosa y Tepenené, en las de La Bonanza y en algunas de Pechuga y Zimapán, esta estructura es frecuentemente brechiforme o en bandas paralelas o costras concéntricas, habiéndose conservado en el relleno, a veces, algunas grietas o cavidades abiertas o sin rellenar completamente, con cristales en los huecos; estos fenómenos de crustificación, cristalización o conservación de cavidades abiertas parecen probar que el fracturamiento del terreno se efectuó cerca de la superficie y bajo una carga relativamente ligera; esta misna estructura, aunque algo menos marcada, se nota en otros criaderos de la zona, como en los plumbíferos del Distrito de El Cardonal, en los de Las Plomosas y en algunos de Zimapán. En cambio, en otros criaderos metalíferos, como en los de La Encarnación, Balcones y Sirena, la estructura brechiforme del relleno es rara o falta completamente y no existen en él, tampoco, cavidades abiertas, siendo a menudo su estructura francamente compacta; esta clase de criaderos que se encuentran, por lo general, cerca de masas de rocas intrusivas de origen profundo, fueron originados, como hemos visto, a altas temperaturas, caracteres todos que corresponden a criaderos probablemente formados a mayores profundidades que las relativas a los criaderos citados al principio.

Por lo anteriormente expuesto, acerca de la génesis de los yacimientos metalíferos de esta zona minera del Estado de Hidalgo, pueden clasificarse como criaderos cuya génesis está en estrecha relación con rocas ígneas, formados los unos cerca de la superficie por aguas termo-minerales ascendentes, a temperatura y presión moderadas; otros a profundidades intermedias y a presiones y temperaturas relativamente elevadas, y, por último, otros en cuya génesis intervinieron fenómenos de intenso metamorfismo ígneo y fuertes presiones y temperaturas cercanas a 600° C.

Con respecto a su edad, podemos decir, que habiéndose originado todos ellos durante el enfriamiento y consolidación de las rocas ígneas que hicieron su aparición durante el terciario, y las cuales atravesaron bien a los sedimentos cretácicos, o bien a otras rocas ígneas (como sucedió con las riolitas que atravesaron a las andesitas miocénicas de la sierra de Pachuca), son todos estos criaderos de edad terciaria pero formados en dos épocas metalogénicas distintas. La primera data de principios del terciario y durante ella tuvieron lugar erupciones de rocas de carácter intrusivo, principalmente, de las familias granítica y diorítica (granitos, sienitas, grano-dioritas, dioritas cuarcíferas, etc.), habiéndose formado entonces los criaderos de contacto que se localizaron en el borde de las erupciones. La segunda data de fines del terciario y corresponde a una época que fué de intensa mineralización en la comarca, habiéndose verificado durante ella una serie de importantes erupciones de rocas ácidas (dacitas, riolitas), que trajeron como consecuencia la formación de criaderos minerales cerca de los focos de actividad eruptiva en los que la plata y el oro fueron los metales dominantes.

Fotografía número 180. Población y Ferrería de La Encarnación.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

CAPITULO VII

EXPLOTACION DE LAS MINAS

Los procedimientos de explotación y tratamiento metalúrgico de los minerales extraídos de los depósitos metalíferos de la región son distintos, como fácilmente se comprende, según la importancia del depósito y tipo del criadero. Hemos estudiado ya, al tratar de los diferentes criaderos minerales, sus características morfológicas, naturaleza de su relleno metalífero, distribución de su mineralización, etc., y vamos a reseñar ahora, brevemente, los diversos sistemas de explotación, procedimientos de tumbe, transporte, ventilación, desagüe, etc., que se emplean, así como los sistemas metalúrgicos que se siguen en el tratamiento de las minas procedentes de estos criaderos. La explotación nunca ha alcanzado la importancia que en los Minerales de Pachuca y Real del Monte, donde los métodos usados han llegado a ser en grande escala y de los más modernos aplicados en el país (1).

Región de Atotonilco El Chico. La veta de Arévalo se encuentra explotada en varios tramos de su curso por los laboríos de las minas de Capula, San Eugenio, La Trinidad, en Tepenené, y las de Tetitlán, Arévalo y Jesús y San Rafael, en el Mineral de El Chico. De todas ellas, las tres últimas citadas y la de Capula son las que cuentan con obras de mayor desarrollo.

La mina de Capula, hoy abandonada, cuenta con un socavón de 584 metros de longitud, de 18° NW. de rumbo magnético, llamado Socavón del Cristo (fotografía número 93), que comunica con los labrados de la mina y con un tiro general, haciéndose así la ventilación y desagüe de esta mina de una manera natural.

La mina de Tetitlán, trabajada hasta hace pocos años, cuenta con un socavón de crucero, de 300 metros de longitud y rumbo astronómico de 9° SE., con el que fueron cortadas las vetas de Santa María, la Cruz y Arévalo; esta última, a 215 metros de la boca; tiene cinco niveles: San Gonzalo, a 120 metros arriba del socavón; San Francisco, a 80 metros, y los niveles 10, 40 y 70 que se encuentran a 10, 50 y 80 metros, respectivamente, abajo del socavón.

La explotación, en los últimos años, se llevó a efecto, de preferencia, en los niveles 10, 40 y 70, que comunicaron entre sí por tres pozos, atacando los macizos de mineral costeable en sentido ascendente.

Dada la potencia de la veta y lo blando de su relleno, establecieron para el tumbe el sistema de "square sets," haciendo la extracción del mineral y el desagüe de la mina, con un malacate de caballos instalado en el cañón al nivel del sacovón, y de allí era transportado el mineral en chalupas, al exterior.

Hubo una época en que se sometía al mineral extraído a un tratamiento de concentración en el patio de la mina; para lo que se molía en molinos chilenos y de allí pasaba a planillones y mesas "Johnston," cuyo producto se exportaba. Este sistema fué suprimido más tarde, cuando contaron los

(1) Ya escrita esta Memoria, la mina de Arévalo ha pasado a poder de la Compañía de Real del Monte y Pachuca, la que ha emprendido obras modernas de exploración y explotación, y ha cambiado la extraña nomenclatura que los anteriores propietarios habían dado a los laboríos.

señores Ludlow (arrendatarios de la mina) con la hacienda de beneficio de San Diego, acondicionada al procedimiento de cianuración, transportándose entonces el metal, a lomo de mula, a dicha hacienda.

La mina de Jesús y San Rafael se está trabajando nuevamente después de una interrupción de muchos años, por lo que hasta ahora se ha comenzado la limpia de los cañones y cruceros existentes; cuenta con un tiro denominado Tiro Nuevo, de 90 metros de profundidad y 2.80 por 1.85 mts. de sección, situado en la barranca de Jesús, entre las antiguas haciendas de San Cayetano y Jesús, y con un socavón de desagüe, llamado de San Marcos, que debe comunicar el tiro con la barranca del río del Milagro, cerca de la hacienda de San José, para efectuar el desagüe y ventilación.

La mina de Arévalo, contemporánea de las más antiguas de la región, debe su extenso laborío a la alta ley de los minerales en algunos de los clavos explotados y a las relativamente cortas temporadas en que ha estado paralizada, si se compara su explotación con la de otras minas de la región de El Chico. Sus pertenencias se extienden entre los ríos del Milagro y Tetitlán, en una longitud de 1,340 metros, comprendiendo los fundos de Arévalo, Demasías y Nuevo Dique.

Los niveles abiertos son los siguientes, a contar del brocal del tiro de Santa Isabel:

	Profundidad en metros	Equidistancia de los niveles en metros
Atila	0	
Chilpancingo	65	65
Finlandia	130	65
Hércules	170	40
Keppler	200	30
Leyden	221	21
Llerena	246	25
Mancera	276	30
N	302	36
Potomac	326	24
Pozo (Potomac)	352	26

Cuenta, además, con cuatro tiros, que son: los de California, San José, Santa Isabel y Honduras; los tres primeros comunican con la superficie y el último es interior. El tiro de California, con profundidad de 280 metros, llega al nivel de Potomac; el de San José alcanza tan sólo una profundidad de 45 metros, y el tiro de Santa Isabel comunica el nivel de Hércules con la superficie. En cuanto al tiro de Honduras, liga los niveles de Keppler, Leyden, Llerena, Mancera, "N." y Potomac, al nivel de Hércules, y es por este tiro por el que se hacía, en la época de nuestra visita, principalmente, la extracción.

Esta negociación ha tenido dos épocas distintas de actividad; en la época antigua, se intensificó la explotación del nivel de Hércules hacia la superficie, y en esta región de la mina se encuentran los labrados de: San Fidel, Dificultad, Débora, Diana y otros de donde se obtuvieron metales con leyes de uno a dos kilos de plata por tonelada.

La potencia de la veta, así como la irregularidad en la distribución de la riqueza en su cuerpo, hizo que se adoptara en la explotación el método de "pilares," con lo que se evitaba el costo originado por el empleo de madera para la fortificación.

Fotografía número 181. Cerro de "El Pilón" entre nubes. (Cerro de caliza en su cuna y roca granatizada en su base.) Mineral de "La Encarnación."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

En el ataque se ocupaban paradas de barreteros que establecían tarangüelas en las partes ricas del criadero, dejando pilares o bordos de baja ley para sostener las partes flojas. De estos rebajes se conducía el metal en costales a los cañones de servicio, donde era llevado por chalupas al tiro de Santa Isabel, en el que un malacate de caballos hacía el servicio de extracción al exterior. Se empleaba, además del tiro de Santa Isabel, el socavón de Atila, para extraer el mineral de las obras cercanas a él, por lo que en esta época de actividad, la bocamina denominada Arévalo era la de mayor importancia. Puesto el mineral en el patio de la mina, era pepenado y conducido en carros a la hacienda de San Cayetano.

Tanto en esta vieja mina como en la mayor parte de las que explotan minerales metálicos, la ventilación se ha hecho siempre de una manera natural; los tiros de California y Santa Isabel, ligados al cañón de Hércules, y éste, a su vez, comunicado con el socavón de Aurora, cuya boca situada en la parte alta de la barranca del río del Milagro, permitía la entrada del aire y proporcionaba, además, otra entrada a la mina.

Se hace mención en algunos escritos, de aparatos de desagüe, cuyo empleo se suprimió desde la construcción del socavón-crucero Aurora, que tiene un desarrollo de 760 metros de longitud, hasta encontrar al cañón de Hércules y un rumbo magnético de 32° SW.

Como se dijo antes, no se empleaba en los laboríos ningún material para la fortificación, sino que en las partes pobres de la veta se dejaban bordos o pilares de sostenimiento. Los cañones de servicio llevados dentro del relleno metalífero, para aprovecharlos como obra de exploración, se fortificaban en las partes blandas con madera o mampostería.

La explotación, cuando estuvimos en esta mina, se hacía desde el nivel de Hércules hacia abajo; así, mientras en los trabajos antiguos, el tiro de Santa Isabel y el socavón de Atila eran los destinados al servicio de extracción y la bocamina de Arévalo, la de mayor importancia en la época de nuestra visita, el tiro de Honduras y el socavón Aurora habían absorbido por completo el movimiento exterior.

Se establecieron cañones y cruceros en niveles, equidistantes entre sí, de 25 a 30 metros, comunicándolos con pozos, de manera de preparar macizos de explotación, que se atacaban con rebajes ascendentes.

El ancho de estos rebajes era de 6 a 8 metros, y en ellos se llevaban diferentes métodos de explotación. En un caso se siguió el método americano denominado "shrinkage," dejando en la cabeza del cañón de servicio un macizo de 4 metros de espesor, en el que se establecían alcancías de dos compartimientos a 8 y 10 metros de distancia, las que se iban subiendo a medida que ascendía la explotación, empleando para el relleno el mismo mineral, y arrojando el exceso a los cañones de servicio. Se vió la inconveniencia de este sistema, por la poca regularidad en la distribución del mineral explotable, y se sustituyó después el relleno de mineral por tepetate que, o se transportaba por chiflones desde los niveles superiores, o se extraía allí mismo en el rebaje, aprovechando las partes pobres y por cruceros dados al alto de la veta, en los lugares en donde no había comunicación con niveles superiores. La planilla se llevaba a dos metros abajo de la cabeza del rebaje y horizontalmente o se atacaban también los rebajes en forma inclinada y en este caso la planilla se llevaba paralela a la cabeza del rebaje, y el mineral se enviaba por alcancías al nivel próximo inferior.

En el tumbe se ocupaban paradas de barreteros que, apoyados en la planilla, atacaban de cielo la parte maciza y arrojaban el mineral quebrado a las alcancías.

El promedio de tumbe era de media tonelada por hombre y por día en los cañones, pozos y cielos, y de una tonelada en los rebajes; y en cuanto al número de barrenos que hacía cada parada era estimada de dos a tres de un metro de profundidad por día.

Estos trabajos se daban por contrato, pagando el metro de avance en cañón de 2.00 × 1.80 mts. de sección, a $50.00; en cielo con igual sección, a $60.00, y en pozo a $70.00; en cuanto a los trabajos en los rebajes, se pagaban a razón de $6.00 por metro cúbico.

La conducción del mineral se hacía de las tolvas de los cañones de servicio a las del tiro de Honduras, por chalupas de una tonelada de capacidad, movidas, generalmente, por dos hombres, en vías de 60 cmts. de ancho y ½% de pendiente, y de allí se elevaba con un malacate eléctrico de dos tambores, movido por motor de 45 caballos, hasta la tolva al nivel de Hércules, de donde se transportaba al exterior por el socavón de Aurora en chalupas de tracción animal.

Las dimensiones de los fragmentos del mineral extraído por el malacate, eran de 6" y estas se reducían a 3" en el patio de la mina, en una quebradora Blake de 80 toneladas de capacidad; el mineral era conducido después a la tolva de la hacienda de beneficio.

En cuanto al mineral rico, se encostalaba en el interior de la mina y se enviaba al patio de La Aurora, en donde se le sometía a la pepena para explotarlo en la fundición de Monterrey.

La mina está bien ventilada, pues las comunicaciones que establecen los pozos que comunican los diferentes niveles, facilitan la circulación libre del aire. Existen, además, dos tiros que llegan al último nivel, es decir, al Potomac, el cual, como ya se dijo, está comunicado con la superficie y con el tiro de California.

En el año de 1891, el señor don Gabriel Mancera se propuso la ejecución del socavón Neptón, que, partiendo del lugar denominado Las Adjuntas, situado en la confluencia de los ríos del Milagro y Tetitlán y a 2,945 metros al N. de la parroquia de Atotonilco El Chico, y a 370 metros abajo de ella, fuera hasta un punto abajo de la vertical del tiro del Trompillo de la mina de San Rafael, en Pachuca. El señor Mancera conocía perfectamente en esa época, las dificultades con que tropezaban las negociaciones mineras en Pachuca, para extraer el agua del laborío de las minas, y teniendo este señor una propiedad minera en la que no estaban reconocidas aún todas las vetas, se le presentaba para el futuro un problema análogo de desagüe, cuando se llevaran trabajos de explotación de la mina de Arévalo, a un nivel inferior que el del socavón de La Aurora, y, por último, veía la conveniencia y gran importancia industrial en explorar la región comprendida entre los Minerales de El Chico y Pachuca. Así, tanto por interés personal, como por el beneficio general, erogó los gastos de construcción del proyectado socavón, el cual en el primer tramo debería de tener una longitud de 2,300 metros, con rumbo astronómico de 19°03' SE., quedando así fuera de las pertenencias de la negociación de Arévalo el segundo tramo denominado Zeus, de 7,440 metros de longitud, y de dirección 6°37' SE., debía llegar a la vertical del tiro de Trompillo. La pendiente proyectada del socavón, era de ½% y su sección de 2.50 × 2.50 mts. con objeto de dar cabida a dos vías Decau-

ville y a la cuneta de desagüe. Sus puntos extremos deberían quedar, según las consideraciones anotadas, con 48.70 mts. de diferencia de nivel. Por diversas causas, este socavón no pudo terminarse y tan sólo está concluída la primera parte denominada Socavón Neptón, de 2,400 metros de longitud.

La gran importancia que hubiera tenido en esa época su existencia, ha disminuído con los años transcurridos, pues los nuevos procedimientos metalúrgicos exigen que el agua de las minas sea llevada hasta la superficie, a pesar del constante gasto que origina, debido a la escasez de agua superficial que hay en Pachuca.

El tramo construído realizó en parte estos dos fines: pues se cortaron al N. de la veta de Arévalo las 57 vetas-diaclasas a las que ya se ha hecho referencia y las cuales no se habían explorado con ninguna otra obra, y permitió, además, el establecimiento de cinco cañones de explotación abajo del nivel del socavón Aurora, sin que se haya tenido necesidad de emplear un solo aparato de desagüe.

Comunica por un cañón de 22 metros de longitud, abierto a 2,180 metros de la boca, con el tiro de California, lo que permite una libre circulación de aire exterior en toda su longitud.

El sistema de ataque de la roca en la parte perforada, fué perfeccionándose cada vez más, trayendo esto el adelanto consiguiente en el avance de la obra, en la que una vez introducidas las perforadoras eléctricas, se lograban dar dos tronadas de 11 a 16 barrenos de un metro y medio de longitud, consiguiendo un avance del 80% al 90% de la longitud del barreno.

El cuele se daba a contrato, pagando de $75.00 a $80.00 el metro de avance. En cuanto al costo de la obra, en los 2,400 metros de longitud que alcanza actualmente, ascendió a $500,000.00, con todo y réditos del capital invertido, según informes que nos fueron dados en la Dirección de esa mina.

La continuación de la parte del socavón denominado Zeus en nuestros días, sería de cierta importancia, pues si como socavón de desagüe ha perdido, en parte, su interés, éste aumenta cada vez más desde el punto de vista de la exploración minera, y traería un conocimiento más completo de la región, comprobando algunas suposiciones, destruyendo otras, orientando, en suma, de un modo claro, el desarrollo de nuevos campos mineros.

Hecha esta breve reseña de la historia del socavón Neptón, el que facilitó grandemente el problema del desagüe para la mina Arévalo, pasamos a dar una idea del sistema de fortificación usado en ella.

Puesto que los cañones de servicio se han llevado como obras de exploración, tienen tramos, sobre todo en los niveles Keppler y Potomac, en donde el relleno de la veta es bastante blando, acentuándose esta blandura en las partes cercanas al alto. El material empleado para la fortificación es la madera o la mampostería, siendo la primera la que se encuentra con más frecuencia en el interior de la mina. Los precios de materiales y fortificación, cuando hicimos nuestra visita a esta mina, eran los siguientes:

Metro de madera de 20 × 20 cm. y 25 × 25 cm.	$	0.39
Sobarcón, por pieza.	„	0.50
Escalones, por pieza.	„	0.01
Durmiente de 4" para vía (docena)	„	3.13
Piedra de taco (docena)	„	3.00
Piedra laja (docena)	„	0.65
Recinto (docena).	„	3.00

Metro cúbico de mampostería en el exterior, sacando la piedra con dinamita y dando cal	$	7.50
Metro cúbico de mampostería en el interior	„	4.00
1 marco con durmiente, sección 1.80 × 2.20 metros en escuadría hasta de 12" × 12"	„	12.00
Medio marco solo, de igual escuadría	„	8.00
El metro de tupido de ademes	„	0.50
Un poste en cañón	„	2.00
Un metro lineal de bóveda con dos muros de medio punto en sección de 1.80 × 2.20 metros y muros de 70 cm	„	20.00
Un muro solo, de 70 cm	„	14.00
Alcancías de 1.50 × 1.00, en macizo (el metro)	„	45.00
Idem, en relleno	„	10.00

Un ademador con dos ayudantes ponen al día en los cañones dos marcos de ademe con tupido o cuatro trancas; en los pozos un ademador y cuatro ayudantes, ponen un marco al día en sección máxima de 3 × 5 metros.

Cuenta la mina con 6 kms. de vía en la que los durmientes se colocan a 35 cms. de distancia, y cuyo costo de instalación es alrededor de $0.80 por metro.

El número de operarios que se ocupaban en la mina, era de 400, de los cuales 350 se dedicaban al tumbe y extracción, y 50 a la exploración; con estos datos se obtiene una extracción, en promedio, de 140 toneladas diarias, lo que da un promedio general de mineral extraído de 350 kilos por hombre.

Las horas de trabajo eran por cuartos de 8 horas; el cuarto de día entraba a las 7 de la mañana y salía a las cuatro de la tarde, disponiendo de una hora para comer en el interior de la mina, en la que empezaba el trabajo a las 7 de la noche, para el segundo cuarto. La capacidad del malacate no permitía que se destinara para el transporte del pueble, por lo que éste tenía que hacer su recorrido por las escaleras del tiro.

El trabajo en el patio de la mina consistía en hacer la pepena del mineral de exportación, quebrar el mineral destinado a la hacienda, cortar la madera para la fortificación, ensayar las muestras, aguce de herramientas y reparaciones en general, y llevar las cuentas del almacén, y listas de raya de los trabajadores.

En la pepena se empleaban mujeres (fotografía número 86), que percibían un sueldo de 60 centavos diarios, logrando elevar la ley del mineral de 5 a 12 kilos por tonelada, con un costo de 18 pesos por tonelada de pepenado.

Del mineral destinado a la hacienda de beneficio se separaba en cribas la parte fina y lo grueso pasaba a la quebradora Blake en la que se molía, por término medio, la tercera parte del mineral extraído.

El corte de la madera se hacía por una sierra circular, movida por un motor eléctrico, pagándose a dos centavos el metro de aserrado.

Las muestras para el ensaye se tomaban en parihuelas de 36 × 22 × 15 centímetros (dimensiones interiores), tomando la muestra de cada carro, si venía el mineral en gransa y gabarro; y si solamente en gabarro, éste se trituraba y la muestra se tomaba de las descargas de la quebradora, en tantas parihuelas como había carros extraídos. Se reducía la muestra a 1"; se secaba y molía en tela del número 80, mandando muestras duplicadas de 100 grms. aproximadamente, a la oficina de ensaye.

Para el aguce de herramientas y reparaciones en general, se había establecido un pequeño taller mecánico.

Fotografía número 182. Cerro de "Cangandó." Mineral de "La Encarnación."

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

Las semanas de trabajo se consideraban terminadas los jueves, con el objeto de hacer el viernes las listas de raya y entregarlas para liquidar el sábado a los trabajadores y empleados. Se llevaban, además, en la mina, las cuentas del almacén en tarjetas destinadas una para cada material y en las que se titulaban: *Entradas, Salidas, Existencias y Costos.* Se rendían informes semanarios del movimiento del almacén y al fin de mes se formaba un expediente sobre lo recibido, lo consumido y la existencia.

Existía en el edificio de la Dirección un almacén general que abastecía a los almacenes de la mina y hacienda y en donde se seguía un sistema análogo para especificar las existencias y consumos.

La liquidación semanaria de los empleados y operarios, se hacía poniendo de antemano en bolsas de papel, en las que se especifica el nombre, la cantidad y la semana correspondiente, la raya de los contratistas, empleados, etcétera, liquidando ellos después a la gente que habían empleado en el trabajo.

La Compañía Metalúrgica de Atotonilco El Chico, que explotaba esta mina, tenía establecidos un hospital y botica, y sostenía un médico, una enfermera y ayudante para atender a los heridos y enfermos.

Había, además, una tienda de raya en donde los empleados y operarios podían adquirir mercancía a menor precio, que pagaban en condiciones ventajosas para ellos.

Por último, dicha negociación minera conservaba en buen servicio dos caminos: el carretero de La Aurora a Pachuca y el de herradura a la misma población.

En la época de nuestra visita se procuraba, en lo posible, evitar la fortificación en los cañones de servicio, abriendo contra-cañones en el bajo de la veta en los niveles de mayor tráfico. Se notaba, en general, escasez de obras de exploración y preparación, así como falta de cruceros muy necesarios en vista de lo irregular que es la distribución de las zonas ricas explotables dentro del relleno metalífero.

Además de las minas en trabajo mencionadas, existe al NE. del Mineral de El Chico y a 3 kms. de distancia, aproximadamente, la conocida con el nombre de Montaña de Oro, cuyo fundo mide una extensión superficial de 20 hectaras. Hasta ahora no se han hecho en esta mina sino obras de exploración que consisten en un socavón a rumbo de veta que presenta muchas inflexiones y que ha alcanzado una longitud de 350 metros, y dos cruceros distantes 120 metros uno de otro. En la última parte del socavón se ha encontrado una ancha zona de blandura, que se sostiene con marcos abiertos de rollizo, los cuales constantemente tienen que reponerse debido a las grandes presiones que obran sobre ellos. No se ha adoptado hasta ahora ningún sistema para la ventilación, por lo que las frentes en esta mina están muy abochornadas, pudiendo trabajar ahí la gente gracias al empleo exclusivo de lámparas de carburo.

Mina de La Cruz. En la mina de La Cruz, en Santa Rosa, se han emprendido algunos trabajos formales recientemente.

El laborío abierto en esta mina en las tres vetas paralelas que se explotan en ella, comunica con la superficie, por dos socavones de crucero separados 73 metros en distancia vertical y una lumbrera. El inferior, cuya boca está a unos 10 metros arriba de la barranca de Los Nogales, tiene una longitud de 358 metros y un rumbo medio de 30° NW. El socavón superior, denominado socavón número 1, tiene una longitud menor y un rumbo de 12° NE. Ambos son

de sección amplia 2.00 × 1.80 mts. y están servidos por una vía Decauville. Al Oriente del socavón número 1 y a corta distancia de su extremo, está la lumbrera que, siguiendo en su respaldo S. el reliz de la veta, comunica el cañón al nivel del socavón, con la superficie.

Las obras llevadas a cabo en el interior de la mina son: cuatro niveles a 0, 28, 53 y 73 mts. abajo del socavón inferior o socavón 0, ligados por medio de pozos.

Hasta ahora no se ha hecho otra cosa que preparar macizos de explotación y hacer obras de reconocimiento.

Los jornales en esta negociación son más bajos que en los Minerales de El Chico y Pachuca, pues como no hay en la región ninguna otra mina en trabajo, los habitantes de las rancherías inmediatas, cuyo salario en el campo es demasiado corto, aceptan un jornal menor con tal de no abandonar sus chozas.

Se tiene instalada una compresora movida por fuerza eléctrica (traída de Pachuca) para mover perforadoras; éstas no estaban en servicio cuando estuvimos en esta mina; pero debían de comenzar a trabajar en un plazo muy corto, pues ya casi se estaba terminando su instalación.

Se estaba construyendo, además, un camino carretero para el servicio con Pachuca, del que ya se tenía terminado el tramo que liga a la mina con el puerto de La Palma y del que se habló ya en el capítulo referente a "Vías de comunicación."

Cardonal. En la extremidad NW. de la zona, coincidiendo con el cambio en la naturaleza de los criaderos minerales, se modifica el sistema de explotación, siendo aún inferior el que se sigue en los Minerales de Santa Rosa y El Chico.

La fuerza eléctrica y con ella los aparatos modernos para la explotación de las minas, no se emplea ya en esta región y es sustituída en las negociaciones de alguna importancia, por plantas de vapor o de petróleo de las que son un ejemplo la de vapor en la mina de San Judas, en Bonanza, paralizada actualmente, y la instalación para motores de petróleo crudo en la mina de La Cruz, en el Mineral de Zimapán, también paralizada.

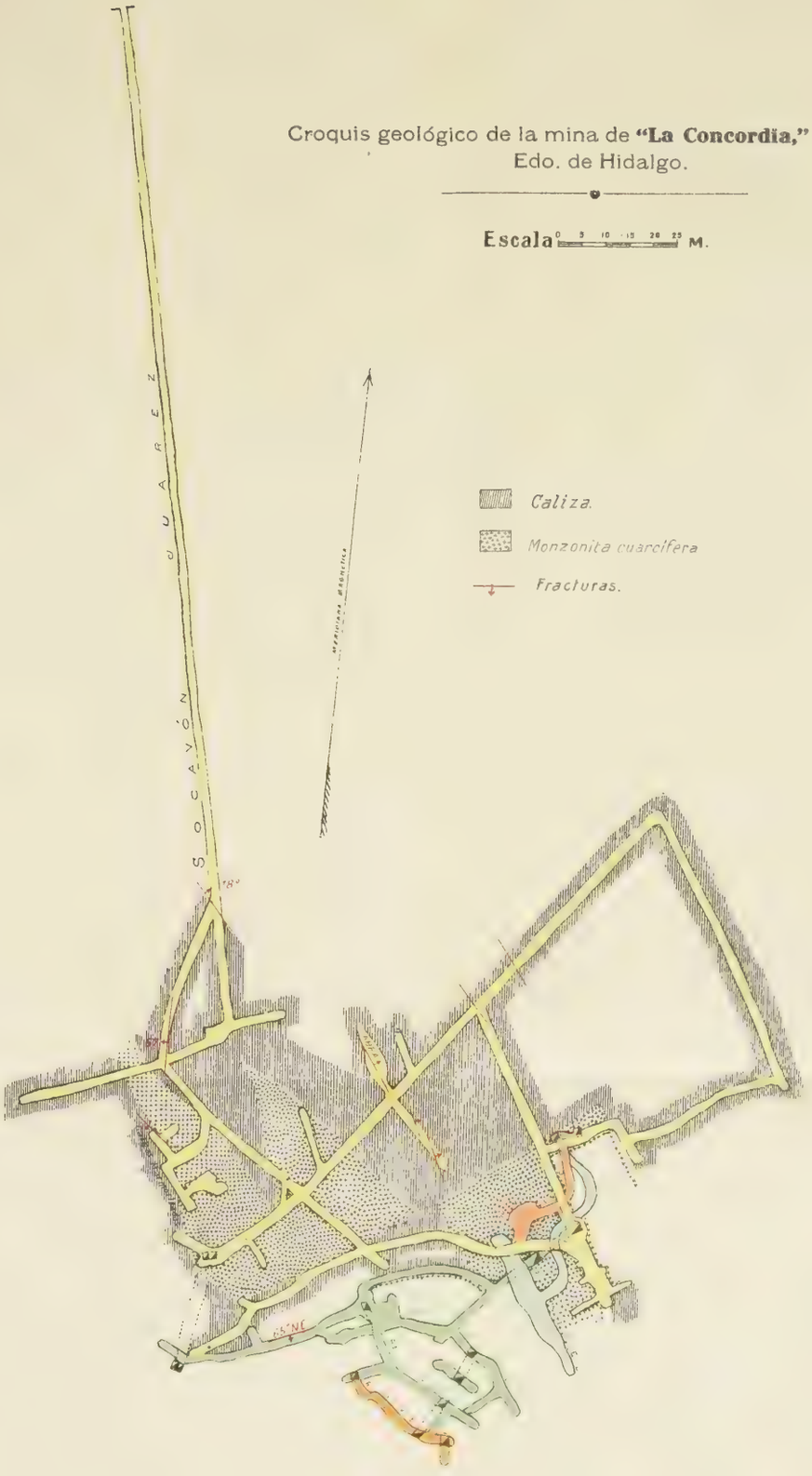
En El Cardonal, cuyas minas han pasado a poder de la Compañía de Real del Monte y Pachuca, la irregularidad en la distribución del mineral explotable y el poco capital invertido en épocas pasadas, hizo que se llevaran galerías sinuosas, siguiendo hilos ricos, galerías que representan el tipo de trabajo de los buscones. Su poca amplitud en algunas partes (1.00 × 0.50 metros de sección), y sus fuertes inclinaciones, dificultan y hacen demasiado penoso su recorrido, constituyendo estos antiguos laboríos, verdaderos arrastraderos.

En las minas trabajadas en mayor escala, se notan una serie de comidos, algunos de grandes dimensiones, sin fortificación y comunicados entre sí por esta clase de galerías que corresponden a los huecos que quedaron después de la explotación de bolsas ricas en las cuales se intensificaron los trabajos.

El señor ingeniero don Carlos F. de Landero hace referencia a estas minas en sus varias veces mencionado informe, sobre este Mineral, de cuya lectura se deduce que en el tiempo transcurrido de 1880, fecha en que escribió su informe, a estos últimos años, no habían cambiado las condiciones de trabajo hasta que la actual Compañía de Real del Monte y Pachuca inició nuevas labores en ella.

Croquis geológico de la mina de **"La Concordia,"** Zimapán. Edo. de Hidalgo.

Escala 0 5 10 15 20 25 M.



Transcribimos una parte de dicho informe que dará una idea más completa de los trabajos antiguos: "La primera de las minas de plomo que se trabajó en El Cardonal, fué la llamada de San José, descubierta a fines del Siglo XVI, por el español Alonso de Villaseca. Las principales minas actualmente en trabajo, son las de San Antonio el Viejo, La Soledad, La Derrumbada y San Joaquín. La extracción semanaria de la primera es de 30 cargas de mineral, y de 150 la de la última. (En aquel Distrito, la carga era de 10 arrobas.) Los labrados más profundos en aquellas minas se encuentran a una profundidad de 150 a 250 metros. El laboreo es muy irregular, no habiendo en las minas tiros ni cañones generales, sino solamente excavaciones laberintosas sin plan fijo ni con todas las debidas precauciones. Esto hace que haya habido considerables hundimientos y que la ventilación de las excavaciones deje mucho que desear. Las escaleras usadas son de muesca. La extracción la hacen los tenateros por las escaleras. El agua es, por fortuna, escasa allí en las minas, teniendo desagüe natural aquellas en que algo más abunda. Actualmente se trabaja en un socavón que, concluído, permitirá ampliar el laboreo en algunas de las minas principales. Las obras muertas y la extracción se hacen con operarios a jornal, siendo este de 18 a 36 centavos. El flete, de las minas arriba mencionadas a la fundición de Chalmita, cuesta 16 centavos la carga de 10 arrobas. El sistema de trabajo en las labores de disfrute está muy bien obtenido; es el de paradas a la carga. Cada minero recibe 12¾ centavos por tequio, o tarea de mineral que tumba; cada tarea varía de 5 a 8 arrobas, siendo generalmente de 7. La fortificación empleada es la entubación, empleándose maderas de diferentes especies coníferas, que hay en los montes de aquellas montañas, de muy buena clase."

Las minas trabajadas hoy por la actual Compañía de Real del Monte y Pachuca, están distribuídas en la falda W. de los cerros Mineral, Buenavista y de Las Minas, y tanto por su situación como por algunas diferencias en la forma de los criaderos, se han agrupado en tres secciones: en la primera ha quedado incluído el cerro Mineral, cercano a la población de El Cardonal, y a ella pertenecen las minas de La Punta, La Palma, San Bernardo, La Cruz, Las Animas, y otras de menor importancia; la segunda, inmediata a Puerto Grande, comprende las de San Vicente, La Derrumbada, San Pedro, San Joaquín y San José, situada esta última en la cumbre del cerro, y el tercer grupo o sección se encuentra en la falda NW. del cerro de Las Minas y comprende las minas de Jesús y San Juan Aparicio, como principales.

Todavía en la época de nuestra visita, los resultados del capital invertido en la preparación de los trabajos no se hacían muy visibles, dada la gran extensión que abarcan las numerosas minas existentes en esta región.

San Clemente. En San Clemente, cuyos criaderos minerales son, como hemos dicho, auríferos, se lleva una explotación más raquítica aún, haciendo socavones que siguen algún hilo rico y que tienen solamente la sección indispensable para el tránsito de un hombre. Estas minas, por lo angosto de las vetas y por la desaparición del oro a profundidad, no han dado grandes productos y han sostenido solamente a los habitantes de las rancherías cercanas, quienes extraen la cantidad de oro necesaria para su subsistencia diaria, vendiendo en El Cardonal o en las poblaciones cercanas, algunos pocos de gramos de oro que logran extraer después de un día de trabajo.

En casi todas las minas de la región, está muy limitado el uso de escaleras; pues siguiendo galerías inclinadas, es como se alcanzan los comidos

profundos. En los puntos donde se hace necesario su uso, emplean escaleras de muesca.

Zimapán. La zona minera de Zimapán ha tenido mayor desarrollo que la de El Cardonal y son muy numerosas las minas que se encuentran en ella. En este centro minero ha habido trabajos continuados hasta la fecha sin que se tenga noticia de una larga época de paralización como la que han sufrido la mayoría de las zonas mineras visitadas por nosotros.

Dicha zona abarca las montañas al N. y NW. de la población de Zimapán, teniendo su mayor desarrollo, hacia el NW., en una longitud aproximada de 9 kilómetros.

Las pertenencias se encuentran distribuídas con cierta discontinuidad, formando grupos que se designan, como ya hemos dicho en otro lugar, con el nombre de "paninos" y se distinguen unos de otros, ya sea por el nombre de alguna mina importante, o por el aspecto fisiográfico de la región donde se hallan ubicadas. Se observa que la distribución de las minas y pertenencias coincide, en gran parte, con las barrancas principales; la más extensa, que comprende los paninos de: La Cruz, Santo Tomás y El Carrizal, están distribuídos al Oriente y Poniente de la Barranca de Tolimán; el Panino del Monte en la barranca de Escalerillas y, por último, la mina de San Francisco en la barranca del mismo nombre.

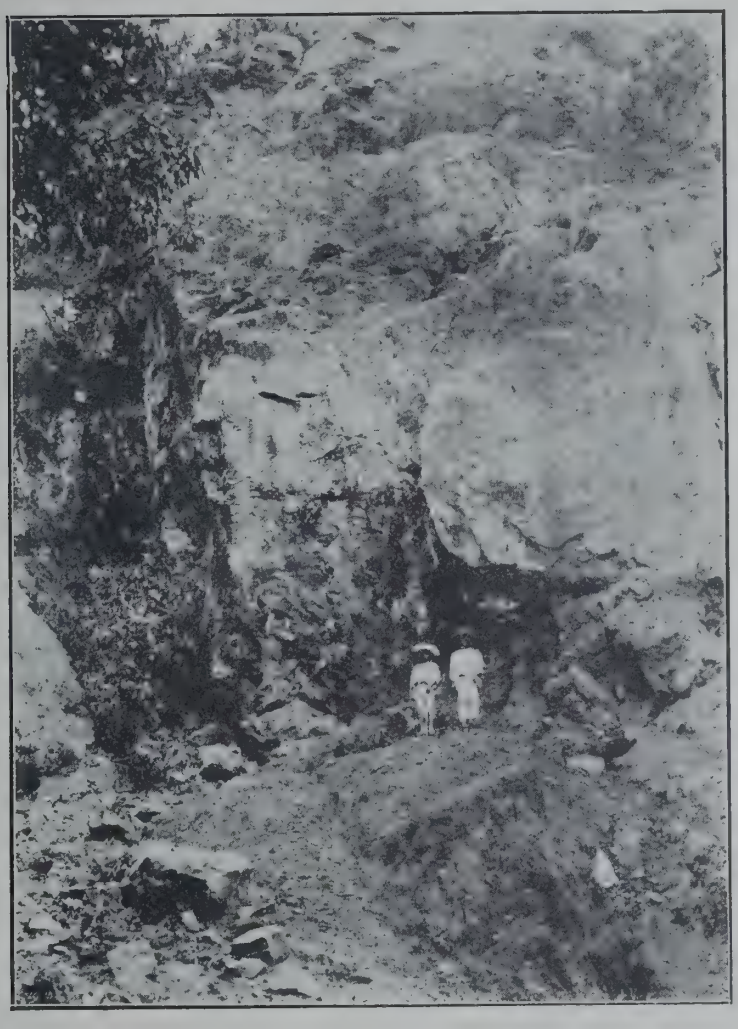
Sin duda esta distribución se debe a que en las barrancas es donde más se facilita la exploración y no porque sea en su cercanía en donde se localicen de preferencia los criaderos minerales.

En Zimapán tres compañías principales trabajan las minas: la Compañía Minera y Fundidora de Zimapán, la Hidalgo Copper Mining and Smelting Company y la de los señores Preisser (padre e hijo). La primera y la última explotan metales plumbo-argentíferos, mientras la Hidalgo explota minerales cupro-argentíferos.

La Compañía Minera y Fundidora de Zimapán es la que cuenta con mayor número de minas; pero, en lo general, éstas son pequeñas. Las más importantes, tanto por su producción como por la extensión de sus obras interiores, son: Santa Gorgonia, La Candelaria, Poder de Dios y la del Rosario.

La primera está labrada sobre una veta plumbo-argentífera de rumbo variable entre 40° y 50° NW., con echado al Sur de 71° y potencia media de 60 cmts. La profundidad alcanzada por los trabajos de disfrute ha sido de 210 metros. Cuenta con un tiro de arrastre de 75° de inclinación con profundidad de 75 metros, en el cual se extrae el mineral a la superficie por medio de un malacate de sangre. De esta profundidad hacia abajo, hace el servicio un torno de mano (burro), hasta 50 metros, de modo que la profundidad total de donde se extraen los minerales explotados por medios mecánicos, es de 125 metros. La poca potencia de la veta ha hecho que las obras de disfrute sean demasiado angostas, pues muy pocos son los tramos en donde llegan a tener un metro de ancho. El trabajo se da a contrato, pagando $20.00 por tonelada de mineral puesta en el patio de la mina, con ley de 1 a 2 kilos de plata por tonelada y 10 a 15 por ciento de plomo.

Mina del Rosario. La mina del Rosario, situada al Oriente de la barranca de Escalerillas, y a una distancia de 7½ kilómetros al N. NE. de la población de Zimapán, cuenta con dos socavones, uno de los cuales tiene un rumbo de 83° NW. y comunica los labrados con la superficie; éstos son angostos e irregulares. La extracción del metal se hace con peones y, como



Fotografía número 183. Criaderos de fierro de la "Peña del Aguila," Mineral de La Encarnación.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

en la mina de Santa Gorgonia, se contrata el mineral a los trabajadores, por tonelada puesta en el patio de la mina.

Mina de La Concordia. La mina de La Concordia, situada a un kilómetro y medio al N. de la anterior, y al W. de la misma barranca, es la única en donde se llevaba en la época de nuestra visita, una explotación formal. Todos sus cañones y cruceros tienen secciones amplias de 2.00 × 1.80 mts. y se usaba una vía Decauville para la extracción de sus metales por el socavón a corte llamado Benito Juárez. Este tiene un tramo recto de 130 metros de longitud; con rumbo aproximado de 5° SE.; a los 100 metros de la boca comunica este socavón con los labrados del primer nivel. Cuenta la mina con seis niveles (véase el plano de la lámina núm. 31), ligados por tiros inclinados o verticales, servidos por tornos de mano.

En esta mina se rellenan con tepetate las partes flojas de los comidos para evitar hundimientos; en los tramos anchos y flojos de la veta se emplea para la explotación el sistema de "square sets."

La madera rolliza es la más usada en esta mina para la fortificación; la adquieren de los montes cercanos, pues la vegetación en esta parte de la sierra, como se ha asentado en el capítulo referente a Fisiografía, es muy abundante. Obras de mampostería, aun cuando las hay, son pocas en lo general. La ventilación es natural y hasta la profundidad alcanzada no se observa que estén las labores abochornadas.

Minas de San Francisco y Balcones. En estas minas, no obstante que tienen socavones de algún desarrollo y antiguos laboríos amplios, la mayor parte de ellos inaccesibles, la explotación y exploración se llevan en escala muy reducida.

Puede decirse que, en general, los trabajos de explotación se han encomendado, en casi todas las minas, a buscones, a quienes en este distrito minero se les paga por tonelada de mineral extraído y puesta en el patio de la mina, cantidades variables que dependen de las dificultades con que tienen que tropezar en la extracción y, principalmente, de la ley en plata y por ciento de plomo contenido en el mineral. Esto obliga a los trabajadores a extraer únicamente el metal útil, ampliando las excavaciones estrictamente lo necesario para poder trabajar en ellas y quedando, por lo tanto, los laboríos de muy reducidas dimensiones.

Como en el sistema empleado en el Mineral de El Cardonal, procuran emplear la menor cantidad posible de madera, haciendo galerías inclinadas y solamente en el caso de ser muy indispensable su uso para el tráfico, emplean de preferencia las conocidas escaleras de muesca, sirviéndose de las de barrotes en las minas más importantes.

El costo medio de explotación se estima de $4.00 a $6.00 por tonelada, cuyo bajo precio se explica por lo barato de los jornales, razón por la que ha emigrado mucha gente operaria a los Minerales de El Cardonal y Pachuca.

El metal extraído se transporta a las fundiciones con animales de carga, generalmente burros, y es demasiado costoso, pues además del elevado precio que alcanza este modo de conducción, se agrava por el mal estado de los caminos y las fuertes pendientes que algunos de ellos tienen. Los fletes varían desde $4.00 hasta $13.00 la tonelada.

Todas estas condiciones desfavorables para la explotación de las minas de esta región, son consecuencia del poco capital del que disponen las negociaciones mineras o individuos particulares, para el desarrollo de ellas; debiendo tenerse, además, en cuenta, entre estas malas condiciones de trabajo,

la división de la propiedad minera, que no permite a las compañías serias desarrollar bastante el laborío de sus minas, sin invadir las propiedades pequeñas contiguas; así como la falta de energía eléctrica para mover su maquinaria a menor costo, y la falta de comunicaciones con los centros de consumo y abastecimiento, pues el transporte de sus productos que se hace a la estación de Sayula, del Ferrocarril Nacional, cuesta de $20.00 a $25.00 la tonelada.

La Encarnación. Los criaderos de fierro de la Encarnación, con cuya explotación se sostuvo la Ferrería del mismo nombre por más de 50 años, se encuentran, como hemos dicho antes, situados al SE. del pueblo de ese nombre, en los contrafuertes y faldas meridionales del cerro de Cangandó.

En las diversas épocas de actividad, en que se trabajaron los criaderos de fierro de este Mineral, se siguió el sistema de explotación a cielo abierto, del que son manifestaciones los comidos: Las Animas, Santo Tomás, Dulces Nombres y Peña del Aguila, únicos que visitamos y que revelan, por sus reducidas dimensiones, la poca cantidad de mineral extraído en relación con la capacidad de estos criaderos. Situados todos a mayor altura que la Ferrería, se conducían los minerales a ella por vías Decauville que alcanzaban fuertes pendientes en algunos tramos.

Actualmente están completamente paralizados todos los trabajos de explotación y metalurgia en este centro minero, y al visitar los restos de la pasada actividad, puede tenerse idea del gran movimiento que debe haber tenido esta región minera en otras épocas.

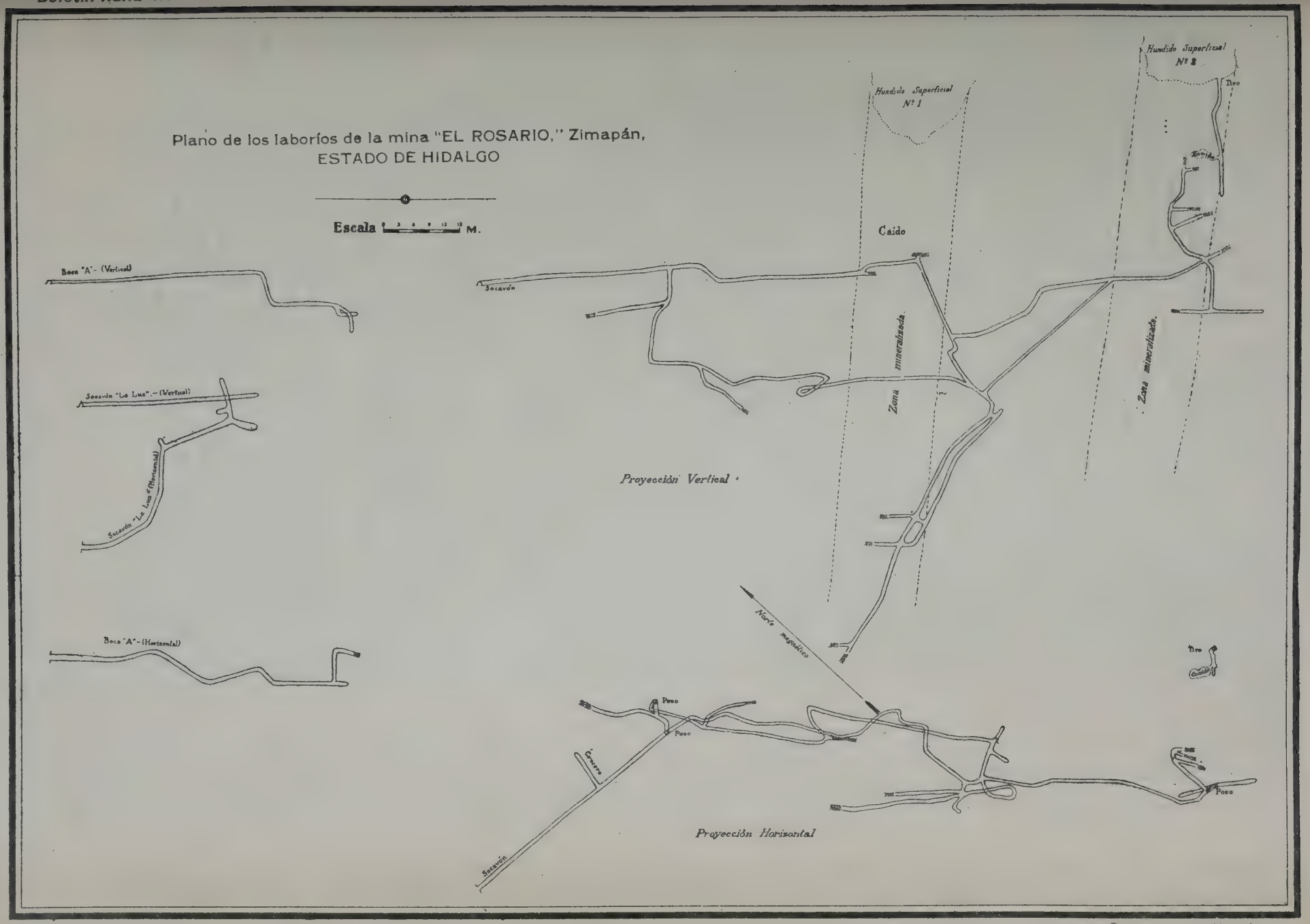
CAPITULO VIII

METALURGIA

Los progresos realizados por la industria metalúrgica en la República Mexicana en los últimos años, han sido grandes y rápidos y puede asegurarse que, actualmente, los establecimientos metalúrgicos de importancia en el país, aplican los últimos procedimientos conocidos y cuentan con la maquinaria más moderna para la preparación mecánica, concentración y tratamiento de los minerales.

Durante las épocas colonial e independiente, fué el procedimiento de amalgamación en patio, descubierto por Bartolomé de Medina en Pachuca, en 1557, el que imperó, hasta su abandono definitivo por el año de 1901. Este procedimiento de beneficio dió muy buenos resultados por bastante tiempo, acompañado por otros de amalgamación, tales como el de barriles, según los sistemas de "Freiberg," "Krönke" y el del profesor mexicano don José María César; del de amalgamación por placas de cobre, del procedimiento ordinario de "pans" o el de continuo de "pans" de Boss, así como de los métodos comunes de lexiviación, o el modificado por Rusell, y del de cloruración de "Plattner." Por esa época se beneficiaba por el procedimiento de patio, el 50% de los minerales extraídos de la República, el 5% por el sistema de "Freiberg," el 15% por el de barriles de "Krönke," el 15% por el de "pans" y el 15% restante, por fundición.

Estos métodos se usaron con toda regularidad para el tratamiento de los minerales argentíferos, principalmente, hasta que fué implantado en el



TALLERS GRAFICOS DE LA NACIÓN

LIBRARY
OF THE

año de 1895, el procedimiento de cianuración Mac Arthur-Forrest, que fué modificado más tarde por varias patentes y que se aplicó, por primera vez en México para el tratamiento de las lamas (colas o "tailings"), después para los minerales auríferos pobres, y, por último, para los de plata, causando su implantación una verdadera evolución en la industria metalúrgica mexicana. Desde entonces acá han sido muy rápidos los progresos de esta industria; el sistema de cianuración se extendió mucho por el país, fué aplicado constantemente y estudiado con detenimiento en Pachuca, donde se idearon los tanques que llevan el nombre de esa localidad (Tanques "Pachuca"), que se usaron después en otras partes del país.

Actualmente se comienza a aplicar con éxito y a experimentar para minerales de oro y plata de baja ley, en algunas oficinas metalúrgicas del país, el procedimiento de concentración llamado de "Flotación," existiendo plantas de experimentación en las haciendas de Santa Gertrudis, San Rafael, Loreto y La Blanca, en Pachuca, y en la hacienda de Guerrero, en Real del Monte. Está en trabajo también una oficina metalúrgica de esta clase, en la mina de El Manzano, en Real del Monte, y existen plantas que aplican este procedimiento en la Amparo Mining Co. y Magistral Ameca Copper Co., en Jalisco; San Javier Mining Co., Providencia Mining Co., y en las de Nacozari Consolidated Copper Co. y Calumet and Sonora of Cananea, en Sonora, y en la mina Esperanza, en el Distrito de El Oro, Estado de México.

No sería posible hacer aquí una reseña histórica completa de los progresos alcanzados por la industria metalúrgica nacional; pero sí pasaremos en breve revista, los resultados que se alcanzaron con algunos de los procedimientos citados en las principales localidades del país en que se aplicaron.

El procedimiento de amalgamación en patio fué usado por mucho tiempo en la hacienda de Purísima Grande, en Pachuca, donde se descubrió; y después en las de Loreto, Purísima Chica, La Luz, El Refugio y otras de ese Mineral; se usó también en grande escala en otros minerales importantes del país, como Zacatecas, Guanajuato, Real del Monte, etc., y en pequeña escala en Minerales alejados de las vías de comunicación, en los cuales no era posible el fácil transporte de la maquinaria necesaria para otros procedimientos y sí la instalación de las "arrastras" primitivas. Este procedimiento permitía obtener casi la totalidad de la plata contenida en los minerales; pero era muy lento y estaba sujeto a los accidentes en el beneficio, provocados por los cambios climatéricos, hasta que al fin fué abandonado definitivamente en el país desde hace cerca de 20 años.

El procedimiento de amalgamación en barriles de "Freiberg" se usó con éxito por algún tiempo en las antiguas haciendas de beneficio, hoy desaparecidas, de San Miguel y San Antonio Regla y se aplicaba especialmente en las *"quemazones"* (minerales argentíferos mezclados con óxidos de manganeso) que procedían de las minas de Rosario, en Pachuca, y algunas otras de Real del Monte.

El procedimiento de "Krönke" fué usado en las oficinas metalúrgicas de La Unión y Bartolomé de Medina, de Pachuca; en esta última se estaba empleando en 1899 el procedimiento de don José María César, que consistía en usar como reactivo, en lugar de sulfato de cobre, el cloruro de cobre.

Pero el procedimiento que después de éstos se extendió más, fué el de "pans," sobre todo el sistema continuo de M. P. Boss, que fué instalado por el mismo Boss por primera vez, en 1890, en la hacienda de San Francisco, en Pachuca, el cual, por su mayor rendimiento y economía de fuerza, de mercurio y

de tiempo, se extendió, siendo aplicado en grande escala, en otros establecimientos metalúrgicos del mismo Estado de Hidalgo y en los de Zacatecas, Guanajuato, Chihuahua, Durango y Guerrero. El procedimiento ordinario de "pans" se usó en la mina de Santa Eduwiges y otras del Distrito de Jesús María, de Chihuahua; en Guanaceví, Durango; en Santa Rosa de Copala, en Sinaloa, y en la Yesca, en el antiguo Territorio de Tepic, hoy Estado de Nayarit.

El procedimiento de lexiviación se usó con éxito en Hidalgo del Parral, Chihuahua; en Guanaceví, Durango; en Taviche, Oaxaca; en Yedras, Sinaloa, y en Sombrerete, Zacatecas.

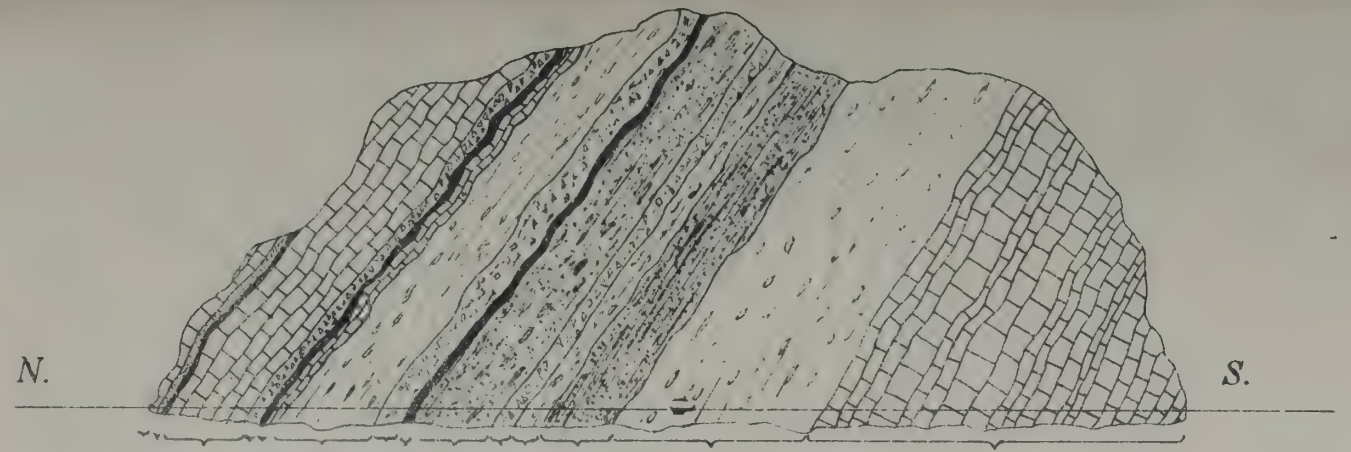
El procedimiento de "Plattner," para el tratamiento de minerales de oro, se usó con buenos resultados en el Mineral de Peras, Oaxaca.

Por último, el de cianuración fué introducido por la "Silver and Gold Recovery Co.," por primera vez, para minerales rebeldes, en minas Prietas, Sonora, y después en El Oro, Pachuca y Oaxaca. Este procedimiento redujo mucho el costo de beneficio para los minerales auríferos, hasta $3.00 por tonelada, y se extendió, al fin, en todo el país, sobre todo en los distritos mineros de metales preciosos.

En cuanto a los procedimientos por vía seca, que han sido quizá los que impulsaron más a la metalurgia mexicana, debemos citar a los de fundición en "water-jackets," hornos que sustituyeron a los antiguos hornos españoles, y mencionaremos también algunos procedimientos de calcinación. México llegó a contar hace algunos años, con 283 establecimientos metalúrgicos que empleaban más de 26,000 obreros, y de estos establecimientos, 76 eran para minerales de cobre, plomo, plata y fierro, estando dichas oficinas metalúrgicas esparcidas en la República en los Estados de Aguascalientes, San Luis Potosí, Nuevo León, Coahuila, Chihuahua, Durango, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Hidalgo y Territorio de la Baja California, pudiéndose citar como establecimientos modelos, las grandes fundiciones de Monterrey, San Luis Potosí y Aguascalientes; siendo seguramente esta última el tipo entre las de su clase. Tanto esta fundición como la de Monterrey, fueron fundadas por la casa Guggenheim, de New York; la de Monterrey, por el año de 1892, con el nombre de Great Mexican National Smelting Co., y la de Aguascalientes, por el año de 1895, con el nombre de Great Central Smelting Co.

En la región estudiada, la metalurgia por vía húmeda tiene un desarrollo superior a la de fundición, pues se siguen en ella procedimientos modernos de beneficio, mejorando o introduciendo aparatos que puedan dar mayor rendimiento y economía. Desgraciadamente, instalaciones metalúrgicas de esta clase se encuentran solamente en la extremidad SE. de la zona, en donde la analogía de las especies minerales extraídas de los criaderos con las de los Distritos mineros de Pachuca y Real del Monte, la cercanía a un centro de abastecimiento de importancia, como es Pachuca, y el éxito alcanzado por las haciendas de beneficio allí establecidas, han hecho pensar a los propietarios de las negociaciones mineras, en la conveniencia de adoptar este sistema de beneficio, tomando como tipo las haciendas de trabajo, y adquiriendo los aparatos que, experimentados ya, dan mayor rendimiento.

Como haciendas de esta clase sólo podemos enumerar tres: la construída en Plan Grande, que beneficia los minerales de la mina de Arévalo, perteneciente a la Compañía Metalúrgica de Atotonilco El Chico, la de San Diego, que benefició los minerales de la mina de Tetitlán, y la que está en



Corte transversal del criadero plumbífero de

"SAN ANTONIO EL VIEJO,"

en una bocamina, en la porción que contiene celestita y baritina. Mineral de

"EL CARDONAL," ESTADO DE HIDALGO.

Escala: 1 a 200

Talleres Gráficos de la Nación.

LIBRARY
OF THE

construcción en Santa Rosa, para beneficiar los minerales de la mina de La Cruz.

En todo el resto de la zona, aun cuando hay criaderos minerales a cuyos metales podría aplicarse procesos hidro-metalúrgicos, la escasez de capital para impulsar un trabajo formal de explotación y beneficio y su lejanía de un centro ferrocarrilero de abastecimiento, y a veces la escasez de agua, hacen que la industria minera y, por consiguiente, la metalúrgica, no estén desarrolladas y que en algunos centros mineros falten completamente dichos procedimientos.

En cuanto al proceso de fundición alcanza su mayor desarrollo en la extremidad NW., donde se encuentran los Minerales de Zimapán y La Encarnación, beneficiándose en el primero minerales plumbo-argentíferos y cupro-argentíferos, y en el segundo, minerales de fierro exclusivamente.

Las fundiciones más importantes en Zimapán son: la fundición de La Llave, perteneciente a la Compañía Minera y Fundidora de Zimapán, de que es Gerente Mr. León Lemaire; la fundición de los señores Preisser; la fundición de La Purísima, propiedad del señor Mendoza, y la fundición de La Equitativa, que pertenece a la Hidalgo Copper Mining and Smelting Company. Todas ellas tratan minerales de plomo arsenicales con ley de plata, excepto la última, que beneficia minerales de cobre argentíferos.

En los Minerales de El Cardonal y Pechuga siguen el mismo procedimiento de fundición para sus minerales, siendo plumbo-argentíferos los de Pechuga, y casi exclusivamente plumbíferos los de El Cardonal, región famosa en la República, por la excelente calidad de la greta obtenida.

Enumeradas sucintamente las localidades en donde existen oficinas metalúrgicas, pasamos en seguida a dar idea de las más importantes:

Hacienda de Plan Grande. La hacienda de cianuración llamada Plan Grande, está ubicada en el Municipio de Atotonilco El Chico, en la falda septentrional del cerro de Arévalo y dista tres kilómetros, aproximadamente, de la población del Mineral de El Chico.

La elección de este lugar para la construcción de la hacienda obedeció a diversas causas, según informes que nos fueron suministrados.

Se disponía de un terreno apropiado, por su inclinación, para aprovechar la gravedad en el movimiento de la pulpa, disminuyendo de este modo el costo de beneficio y el costo de adquisición de mayor número de bombas y mayor longitud de tubería; en este terreno existió también en otra época la hacienda de patio más antigua del Mineral que se llamaba desde entonces hacienda de Plan Grande, y podían, además, aprovecharse algunas obras de terracería y construcción ya existentes, que disminuían el costo de instalación de la nueva hacienda; se contaba también con la cantidad de agua suficiente conducida por dos canales: uno que tomaba el agua del río de El Milagro, en la mina de La Aurora, y el otro, del río de Tetitlán, cerca de la mina del mismo nombre.

En un principio se construyó la hacienda para 50 toneladas diarias de capacidad, que después aumentó a ciento cincuenta.

La hacienda ha beneficiado hasta ahora minerales procedentes de la veta de Arévalo, la que, como se ha dicho, contiene en su relleno argentita, cuarzo, calcita, galena y blenda; estas tres últimas, en pequeña cantidad; la ley en promedio de los minerales beneficiados es de 500 grms. de plata por tonelada, con 6 a 7 grms. de oro.

El metal se extrae en la mina por el socavón de La Aurora, separándose en dos productos: gabarro y granza. El gabarro que tiene como dimensión máxima 6", pasa a una quebradora "Blake," de la que sale de un tamaño máximo de 3". Reunido este producto con la granza, cae a una tolva de 900 toneladas de capacidad, situada en el patio de la mina de La Aurora. Se aprovechó para la construcción de esta tolva un muro de sostenimiento y la roca firme del cerro, sentando sobre estos macizos una bóveda de tabique de 2.30 mts. de claro; el mineral sale por boquillas de 40 cmts. de diámetro situadas en los lados de la bóveda y es transportado por carros de 1,170 kilogramos de capacidad, que recorren una vía de 1% de pendiente y 1 km. de longitud a las tolvas de la hacienda, cuya capacidad es de 200 toneladas.

En esta tolva se agrega cal, a razón de 13 kgs. por tonelada de mineral, vaciando la cantidad necesaria después de cada carro, con el objeto de uniformar la revoltura lo mejor posible.

De la tolva pasa el mineral a las baterías, que son alimentadas con la solución pobre de cianuro que proviene del tanque-salida de cajas y del derrame del "Dorr," obteniéndose pulpa en que el mineral es de ½" de tamaño máximo y con densidad de 1,090.

De la batería pasa a los clasificadores en donde se divide en dos productos: el grueso (arenas) y el fino (lamas).

Producto grueso. El producto grueso recorre el ciclo siguiente (véase el diagrama relativo, lámina núm. 34); sale de los clasificadores por un tubo de 3" y pasa a los molinos de tubo; de éstos, a un elevador de aire comprimido que arroja la pulpa a una caja de madera, colocada a 8 mts. arriba del elevador y de allí pasa a las mesas "Wilffley." En éstas se separan los concentrados, que son recogidos en un tanque de cemento, de donde se toman para encostalarlos y hacer su exportación. El resto no concentrado vuelve a los clasificadores y parte de él, ya convertido en producto fino, para ser sujetado a nuevo tratamiento.

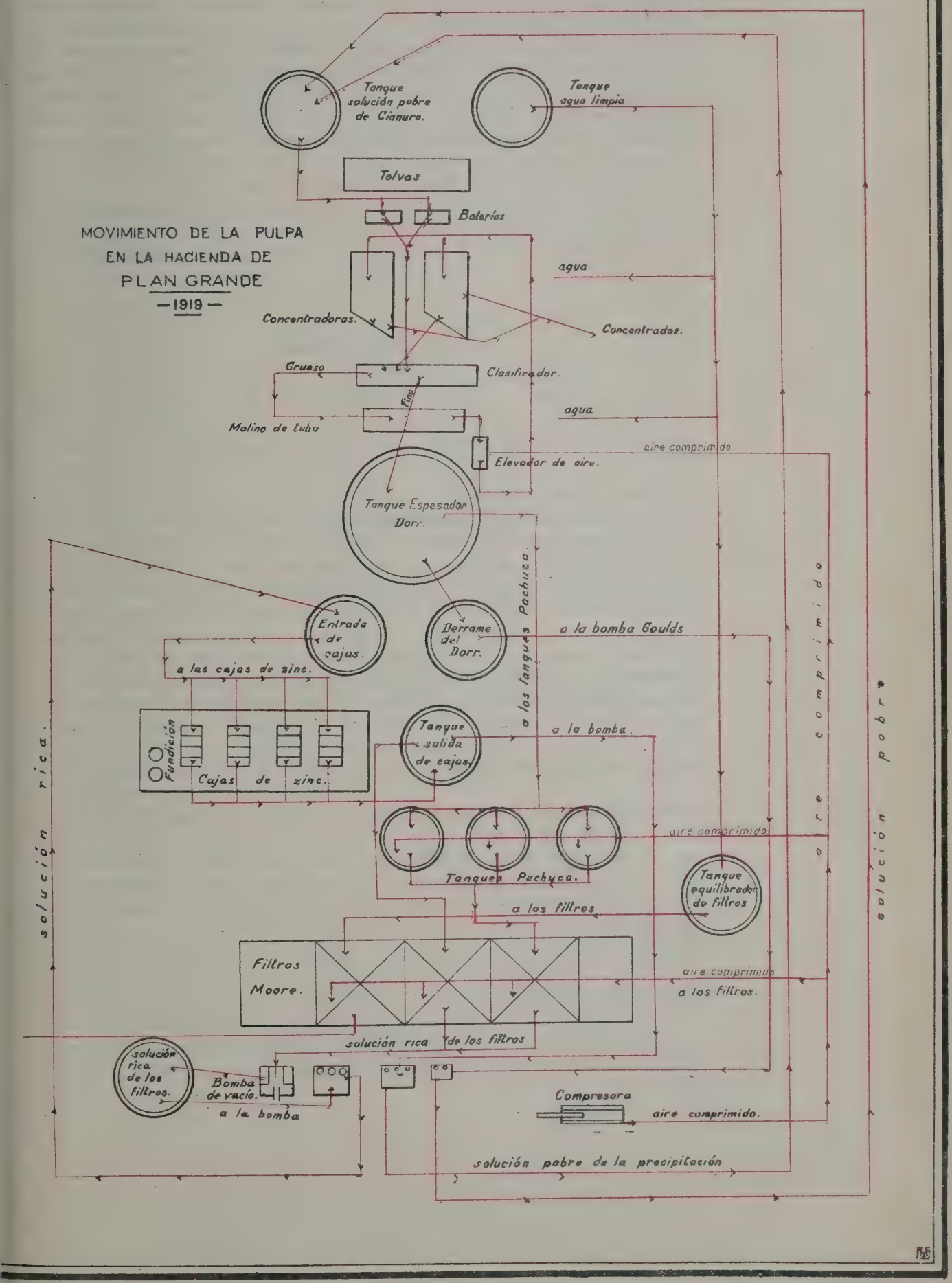
Producto fino. Descrito el ciclo del producto grueso, queda por describir el de las lamas o producto fino. Este debe pasar todo por la malla del número 80, el 97% de él, por la malla del número 100 y el 60%, por la del 200. Sale del clasificador por una canal de madera, que lo conduce al tanque asentador "Dorr," en donde se decanta, quedando con una densidad mínima de 1,380, y el exceso de agua pasa al derrame del "Dorr," de donde es elevado por una bomba Triplex de 6" × 9", al tanque de solución pobre.

La pulpa espesada pasa a los tanques "Pachuca" donde se le agita y agrega la cantidad de cianuro de potasio y cal necesarios. El tiempo de agitación es variable, siendo, en general, de 36 horas, tiempo suficiente para disolver la plata y el oro; pero siempre se tiene en agitación mayor tiempo, debido a que los tanques están subordinados a la capacidad del filtro. La marcha de la operación está indicada en el registro siguiente:

HACIENDA DE BENEFICIO DE PLAN GRANDE

Informe del Tanque Pachuca Núm. 1 — **Carga Núm. 216**

	Empezó	Terminó	Horas	Minutos
Llenando	Julio 20. — 11.30 a. m.	Julio 21. — 7.00 a. m.	18	30
Agitando	„ 21. — 7.00 a. m.	„ 23. — 12.10 p. m.	53	10
Descargando	„ 23. — 12.10 p. m.	„ 24. — 7.40 a. m.	19	30
		Total	91	10



'alleres Gráficos de la Nación.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

La determinación de cianuro libre contenido en cada tanque, se hace por análisis volumétrico, con nitrato de plata, teniendo como indicador yoduro de potasio, y la cal se determina con ácido oxálico y fenol como indicador. Se eleva la cantidad de cianuro libre a 0.2% y la de cal libre a 0.15%.

Una vez que ha terminado el período de agitación, entra la pulpa a uno de los tanques del filtro "Moore" (tanque de carga), siendo destinado otro para la solución salida de cajas y el tercero para agua; se introduce la canastilla en el tanque de carga, y se hace la succión durante 20 ó 25 minutos, tiempo suficiente para que la lama adherida a las telas forme una capa de una pulgada de espesor. Después se pasa la canastilla al tanque de solución salida de cajas, en donde se lava la torta. Por último, pasa la canastilla al tanque de agua en donde se termina la limpia de la torta, después de lo cual se toma en las telas de los extremos una muestra para determinar el por ciento de plata que llevan las lamas. Por último, se inyecta agua a las telas para desprender la torta, que cae en el tanque, de donde es arrojada al río.

El registro para los filtros es el siguiente:

FILTRO "MOORE," HACIENDA DE PLAN GRANDE

TANQUE PACHUCA NUM. 3

Núm. de canasta	Núm. de carga	Tanque de carga			Tanque salida de cajas			Tanque de agua			Total
		Desde	Hasta	H. y m.	Desde	Hasta	H. y m.	Desde	Hasta	H. y m.	H. M.
3	1	6 a.m	6.40 a.m.	0.40	6.45	7.10	0.25 7	15	7.40	0.25	1. 30

El líquido filtrado lo envía la bomba "Goulds" de vacío, al tanque de solución rica, de donde es elevado por una bomba "Triplex" al tanque entrada de cajas o tanque-filtro. De éste pasa a las cajas de precipitación, en donde al estar en contacto con la viruta de zinc (rebabas de 1/322 de pulgada de ancho y 1/800 a 1/400 de pulgada de grueso) se precipita la plata y el oro al estado metálico y el cianuro se apodera del zinc, formando un cianuro doble de zinc y potasio.

La solución pobre pasa al tanque salida de cajas, de donde toman solución los filtros, siendo arrojado el exceso al tanque derrame del asentador.

La plata y el oro pasan de las cajas de precipitación a un tanque de cemento, de donde se inyectan con una bomba a la prensa, en la que se filtra el precipitado, y una vez hecho esto, se seca inyectándole aire comprimido. Seco el precipitado, se mezcla con 10% de vidrio y 5% de bórax, fundiéndose en crisoles de grafito.

En la hacienda de beneficio se obtienen, por lo tanto, dos productos: los concentrados y las barras.

Los concentrados se venden a la fundición de Monterrey y tienen, por término medio, de 12 a 15 kilos de plata por tonelada, 120 a 16 grs. de oro y 30 a 35% de fierro, pudiendo calcularse que el 30% del contenido en plata y oro en el mineral, es recogido en las mesas, las que producen 760 kilos de concentrados para 100 toneladas de mineral y, semanariamente, 6 a 7 toneladas de concentrados.

El cálculo siguiente dará idea de la conveniencia de aplicar el procedimiento de concentración en esta hacienda.

Se ha tomado, para hacerlo, una de las liquidaciones hechas por la fundición de Monterrey, adonde se envían los concentrados y se ha considerado

una tonelada de mineral con ley de 500 grs. de plata y 6 grs. de oro en los dos casos; según que se beneficie en la hacienda, sin concentración o con ella.

Los gastos, en el primer caso, son:

	Por tonelada
Gastos generales	$ 0.72
Baterías	„ 0.36
Molinos de tubo	„ 1.12
Fuerza	„ 0.50
Tanques de Pachuca	„ 1.42
Precipitación	„ 0.45
Fundición	„ 0.33
Fuerza	„ 0.18
Filtros	„ 0.18
Bombas	„ 1.14
Fuerza	„ 0.18
Contribución, impuestos y fundición de fierro	„ 0.43
SUMA	$ 7.01

Como la extracción efectiva en la hacienda es de 88.3% en plata y 94.3% en oro, el valor del producto extraído, calculando el kilo plata al precio actual de 60 pesos y el oro a $1.28 el gramo, sería de:

88.3% de 500 gramos	441.50 gramos	
94.3% de 6 gramos	5.66 „	
441.50 gramos, a $60.00 kilo		$ 26.49
5.66 gramos, a $1.28 gramo		„ 7.24
Valor total	$ 33.73	
Gasto de Beneficio	$ 7.01	
Utilidad líquida, sin contar los gastos de mina		$ 26.72

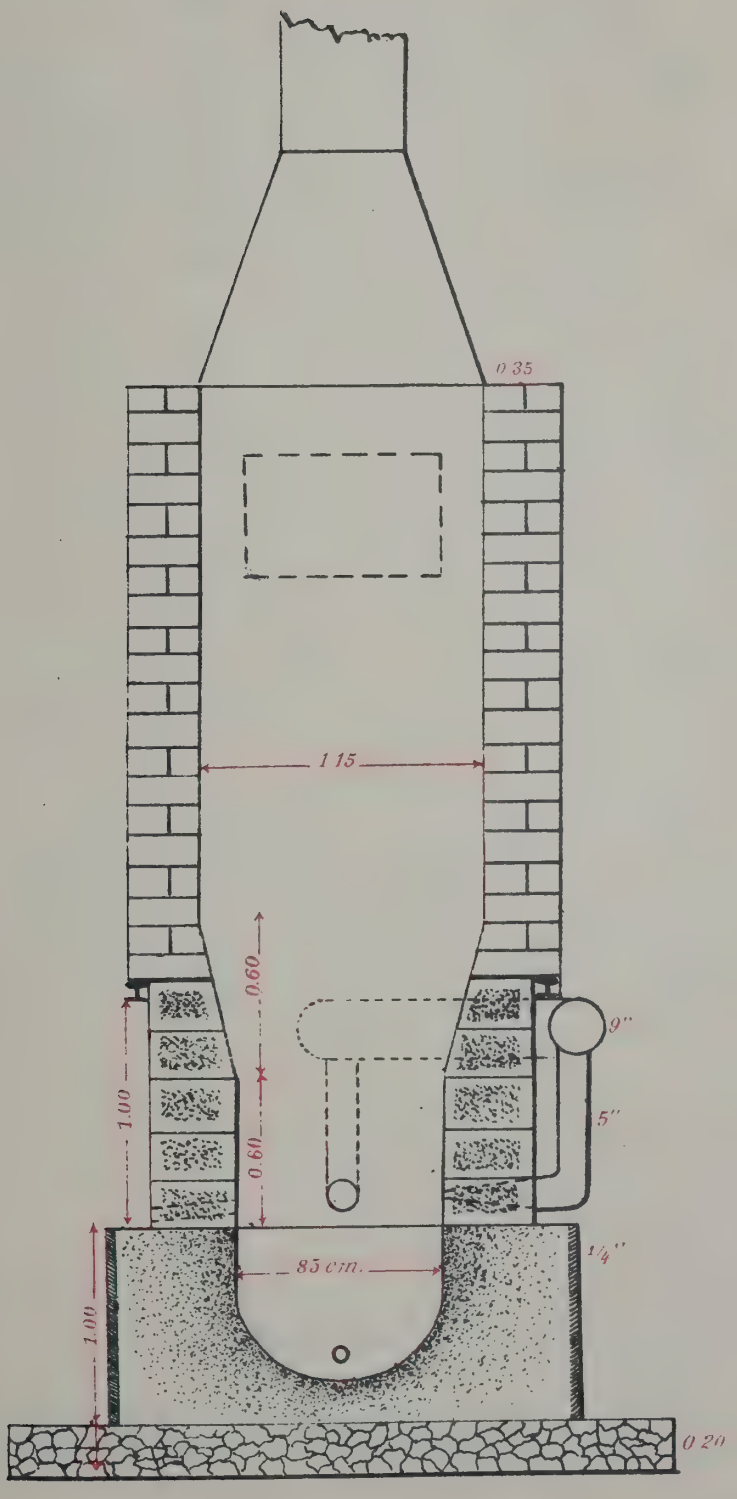
Para el cálculo, en el caso de aplicar la concentración, se han tomado los siguientes datos suministrados por la Compañía:

Las mesas concentran un 30% del contenido en plata y oro. Según esto, se puede considerar que un 30% del cianuro empleado se economiza, y para tener en cuenta las condiciones más desfavorables, no haremos caso de ninguna otra economía, aun cuando realmente la haya, por la cantidad de fierro que se elimina concentrando, así como por la diminución de gastos en la precipitación y fundición.

Gastos de beneficio por tonelada:

Gastos generales	$ 0.72
Baterías	„ 0.36
Concentración	„ 0.27
Molinos de Tubo	„ 1.12
Fuerza	„ 0.50
Tanques Pachuca	„ 1.05
Precipitación	„ 0.45
Fundición	„ 0.33
Fuerza	„ 0.18
Filtros	„ 0.18
Bombas	„ 1.14
Fuerza	„ 0.18
Contribuciones e impuestos	„ 0.24
Fundición de fierro	„ 0.19
SUMA	$ 6.91

Horno de la Fundición de "LA PURISIMA," Zimapán,
ESTADO DE HIDALGO



Talleres Gráficos de la Nación.

La diferencia en el costo del tratamiento en los tanques "Pachuca" proviene de que el consumo de cianuro es a razón de $1.22 por tonelada, y de este valor se dedujo un 30%, o sean $0.37, quedando el costo igual a $0.85 más $0.20 por gastos de personal, aire, etc.

El concentrado para una tonelada de mineral, será: 7 kgs. 600 grms. al que deberá cargarse el flete a Pachuca, que es de $8.00 por tonelada, y las deducciones en la fundición, en donde tienen en cuenta el flete de Pachuca a Monterrey.

Gastos en los concentrados:

Flete a Pachuca	$ 0.06	
Deducciones en la fundición	„ 0.79	
SUMA	$ 0.85	
Gastos totales		$ 7.76

El valor de los concentrados será:

95% de 150 gramos de plata, a $60.00 kilogramo	$ 8.55
1.8 gramos de oro, a $1.28	„ 2.30
SUMA	$ 10.85

BOLETIN No. 43 DEL INSTITUTO GEOLOGICO

ERRATAS MAS NOTABLES

Páginas	Línea	Dice	Debe decir
5	24	paices	países
6	23	proporcionan	proporcionaron
14	44	Pachuca	Pechuga
17	35	Compañía	Compaña
22	1	exploración	explotación
24	17	visitó	los visitó
30	27	fonde	fondo
33	4	rodeados	rodados
47	46	originales	originados
50	9	que no se hizo	pues no se hizo
55	40	El Cordonal	El Cardonal
58	47		CAPITULO IV
58	54	andecitas	andesitas
59	49	que contiene	que contienen
63	2	zeolitijación	zeolitización
63	6	henlandita	heulandita
63	14	erptivos	eruptivos
63	38	Disctrito	Distrito
64	22	Tepetitlán	Tetitlán
82	24	orticlasa	ortoclasa
83	5	y mesozoicas	mesozoicas
91	45	por estratos cretácicos de los cerros	por estratos cretácicos de los alrededores del Cardonal, como son los cerros.
93	44	en	por
95	31	paralelipipedos	paralelepipédicos
96	17	postcedentes	consecuentes
99	36	en	con
100	27	365	465
101	37	perteneciente	pertenecientes
102	9	gramos	gramos de plata
102	24	propilizada	propilitizada
107	45	los	las
108	46	granos	gramos
116	20	pero visible	poco visible
118	42	terreno	terrero
125	19	del aire	al aire
133	9	áridas	ácidas
137	10	sulrídrico	sulfhídrico
139	25	localiza	localizan
144	25	explotarlo en	exportarlo a
145	11	57	56
146	45	gransa	granza

Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo. Departamento de Exploraciones y Estudios Geológicos.

Jefe del Departamento y Director del Instituto Geológico: Ingeniero L. SALAZAR SALINAS.

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO.

BOLETIN NUMERO 44.

EL CERRO DE MERCADO,-DURANGO

Por una comisión del INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO, formada por los señores:

Ingeniero de Minas **LEOPOLDO SALAZAR SALINAS.**

„ „ „ **PEDRO GONZALEZ.**

„ „ „ **MANUEL SANTILLAN.**

„ „ „ **ANTONIO ACEVEDO.**

Petrógrafo, **A. R. MARTINEZ QUINTERO.**

MEXICO.

TALLERES GRAFICOS "LA HELVETIA". AV. 16 DE SEPTIEMBRE 41.

1923.

550
(72) N.H.S.
No. 44

ADVERTENCIA PRELIMINAR

La Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, S. A., solicitó del Instituto Geológico de México que se hiciera el estudio cuyos resultados constan en el presente volumen, ofreciendo su cooperación pecuniaria para los gastos de una parte de la expedición y pagando de su peculio los honorarios devengados por dos topógrafos que, en combinación con el nombrado por el Instituto Geológico y bajo la dirección de éste, hicieron el levantamiento topográfico de detalle que sirvió de base al estudio geológico.

Más aún, la expresada Compañía ha costeado la impresión de este Boletín, y por todo ello, —que a su debido tiempo fué aprobado por la Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo— cabe expresar el agradecimiento del Instituto Geológico a la Compañía Fundidora, en particular a los miembros de su Consejo Directivo y muy en especial al Presidente del mismo, señor don Adolfo Prieto, por la muestra de confianza que han tenido hacia el personal del Instituto Geológico y por el noble desprendimiento, muestra de su cultura, con que han cooperado para la realización del trabajo.

Es del caso aclarar, que posteriormente a los arreglos hechos para la ejecución de este trabajo, la misma Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, S. A., convocó, por conducto de la Sociedad de Geografía y Estadística de México, a un concurso que tuvo por tema el Cerro de Mercado. En ese concurso, por convenio que se hizo con la expresada Compañía, ningún miembro del Instituto Geológico de México tomó parte.

México, D. F., mayo de 1923.

CAPITULO I

GEOLOGIA GENERAL DE LOS ALREDEDORES DEL CERRO DE MERCADO

Por el Ingeniero de Minas PEDRO GONZALEZ

(Con la colaboración del Ingeniero de Minas MANUEL SANTILLAN)

SITUACION.—Las coordenadas geográficas y la altura absoluta sobre el nivel del mar, de la ciudad de Durango, capital del Estado del mismo nombre, han sido determinadas por varios observadores. Doy a conocer esas determinaciones, —aunque difieren mucho entre sí,—porque acusan los esfuerzos de las personas que del punto se han ocupado.

LAT. N.	LONG. W. DE MEXICO	AUTORIDAD.
24°01'13''00	5°22'00''00	Banda y Aguado.
24.00.55.00	4.52.02.00	Glenie.
24.02.50.00	4.52.02.00	Expedición francesa.
24.02.50.00	4.52.17.20	García Conde.
24.25.00.00	4.28.04.70	Oteiza.
24.01.28.70	5.31.55.05	L. Fernández.
23.47.34.00	6.34.00.00	Banda y Aguado.
24.03.08.00	5.18.20.00	F. A. Calderón.

ALTURA ABSOLUTA DE LA CIUDAD DE DURANGO.	AUTORIDAD.
m.	
2087.00	Humboldt.
2224.00	Diccionario Geográfico Universal.
2042.00	Atlas General de Finlay.
1927.00	L. Fernández.
2101.00	García Conde.
1836.00	Dirección de Estudios Geográficos.
2100.00	Atlas Guillot.
1926.00	F. A. Calderón.
1892.61	Nivelación del Ferrocarril.

Nosotros, usando aneroides, tuvimos una diferencia aceptable con la última de las alturas anotadas. Todas nuestras lecturas fueron corregidas, reduciéndolas a la de 1893 metros, que es, en números redondos, la cota de la Estación del Ferrocarril.

Las comunicaciones ferrocarrileras con Durango, son:

México a Cañitas	817	K.	
Cañitas a Durango	268	„	
Cañitas a Torreón	319	„	
Torreón a Durango	253	„	
Torreón a Monterrey	369	„	
Durango a Tepehuanes	216	„	
Durango a "El Salto"	135	„	
Monterrey a Durango	622	„	
México a Durango	1085	„	(Por Cañitas).
México a Durango	1389	„	(Por Torreón).
Durango a Mazatlán	410	„	(Construídos 135).

La comunicación de la ciudad de Durango con el sistema ferrocarrilero del país, es buena; pero adolece de la deficiencia de no estar concluida la línea a Mazatlán, que sólo tiene 135 kilómetros construídos, que es importantísima para la explotación de los recursos naturales de la Sierra y que quizá influiría en la explotación del fierro en el mercado. El ferrocarril a Tepehuanes, convendría que llegara al importante Mineral de Guanaceví, que está a 103 kilómetros más o menos al N. de Tepehuanes y podría conectarse en Rosario, Chih., estableciendo así la comunicación ferroviaria con los principales centros mineros de Parral, Santa Bárbara, etc.

Las comunicaciones existentes con Monterrey y Torreón, son las que ahora se utilizan para la explotación del mineral de fierro, transportándolo a Monterrey, pues en Durango no hay combustibles para beneficiar los minerales del yacimiento del Cerro de Mercado.

El Cerro de Mercado está a 3 kilómetros al N. de la ciudad de Durango. La única posición geográfica de que tengo noticia Picacho de la Cruz) es la determinada por Bowring en 1840, y es: 24°04' Lat. N. y 107°29' Long. W. de París; pero queda ya perfectamente establecida con los trabajos topográficos que se han hecho por el Instituto Geológico, en virtud de los cuales, las coordenadas geográficas del Picacho de la Cruz, resultan ser: 24°03'22''7 Lat. N. y 5°31'47''05 Long. W. de México, relacionadas a la determinación del Ing. don Leandro Fernández. Refiriendo la longitud al meridiano de París, resulta 107°03'42''1. Como se ve, la coincidencia en latitud con Mr. Bowring, que la observó hace 82 años, es notable; la diferencia en longitud se explica por los elementos y los datos de que se disponía en 1840.

DATOS HISTORICOS.—La Audiencia de Compostela, deseosa de reconquistar terrenos que antes de 1552 conocieron los esforzados aventureros españoles que acompañaban al famoso Nuño de Guzmán, encomendó la difícil empresa a un caballero llamado Ginés Vázquez del Mercado, reputado como atrevido, resuelto y amigo de aventuras.

Con 100 hombres bien armados, al son de tambores forrados de terciopelo morado y de pífanos de plata, salió Vázquez del Mercado de Guadalajara, y después de combates más o menos serios con los belicosos indios de la región, descubrió una rica mina de plata en Tacotlán, riqueza que los ataques de los indios le obligaron a abandonar. En las cercanías de Tepic, unos indios chichimecas le informaron que "tierra adentro, en unos grandes llanos, había un cerro grandísimo, todo de plata y oro", en cuya busca se encaminó la expedición, pasando por Chalchihuites, San Martín, Sombrerete y Avino, en todos cuyos puntos encontró vetas minerales, sin hacer caso de ellas, preocupado como estaba con el descubrimiento del fabuloso cerro.

Ya a fines de 1552, salió Mercado del Mineral de Avino, y poco después se encontró frente al cerro que hasta la fecha lleva su nombre y que ha sido objeto de tantas consejas, opiniones

de todas clases y esfuerzos loables, aunque no siempre bien orientados, para explotar el criadero de fierro.

La decepción que el capitán español sufrió, mucho influyó, al decir de Fray Antonio Tello, para precipitar su muerte, causada principalemente por las heridas que recibiera en un combate librado con los indios de Zayn. (1).

Entre lo mucho que del cerro de Mercado se ha dicho y escrito, hay que citar, para desmentirla una vez más, la versión que por mucho tiempo atribuyó al eminente Barón de Humboldt el haber clasificado dicho criadero de fierro como una meteorita.

Es lo cierto que Humboldt nunca estuvo en Durango, y que su clasificación se refería a ciertos fragmentos de fierro meteórico que el señor Elhuyar le entregó y que procedían de Huejuquilla, cerca de Parral, sitio que hoy pertenece a la jurisdicción del Estado de Chihuahua, pero que, en aquellos tiempos, formaba parte de la Provincia de Durango, por lo que Humboldt le llamó, con toda propiedad, "fierro de Durango".

Once años después, en 1563, la hoy ciudad de Durango, fué erigida desde luego en "Villa" por el Capitán Alonso Pacheco (2).

En 1828 se intentó por primera vez aprovechar el yacimiento de fierro del Cerro de Mercado, pero los resultados no fueron satisfactorios y se abadonó el proyecto.

En 1834 se formó otra compañía que llegó a producir de 5000 a 8000 libras de fierro (3682 Kgs.) (3) por semana.

Según la memoria del Gobierno, correspondiente al año de 1849 (4), el Cerro de Mercado produjo en 1848, 3522 quintales de fierro (162 toneladas), en platinas, barras y almadanas, producto ciertamente insignificante, dice el señor Lic. J. Fernando Ramírez, en cantidad y en calidad, si se atiende a la estupenda abundancia y riqueza de nuestra masa metálica.

En 1881 W. L. Helfenstein (5) organizó "The Iron Mountain Company". En 1882 se estableció la fundición al W. del Cerro, en el Valle.

Esta compañía vendió a "The Mexican Iron Mountain Manufacturing Co." que se organizó en Desmoins, Iowa.

En 1888 pasó la propiedad a "The Durango Steel and Iron Co.", del Sr. J. Callanan.

Por fin, en octubre de 1920, los herederos del Sr. Callanan vendieron a la Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, que es la actual poseedora de la mayor parte del yacimiento.

BOSQUEJO GEOLOGICO.—El valle de Guadiana en el que se asienta la ciudad de Durango, cubre una extensa planicie que lentamente desciende hacia el S. E. de la capital y se levanta en otras varias direcciones; presentando entrantes más o menos amplias entre las estribaciones de las montañas que lo rodean, desde las de la Sierra Madre Occidental por el N.W., W. y S., y que en forma de grandes mesetas escalonadas, se inicia en las goteras de la ciudad de Durango, hasta las elevaciones lejanas de la Sierra del Capulín por el Sur; la Sierra del Registro por el S. E.; otro contrafuerte de la Sierra Madre, por el N.; y la Mesa de los Burros por el N. E.

La altura media de la planicie en las inmediaciones de la ciudad es de 1893 metros sobre el nivel del mar.

De los contrafuertes que penetran en el valle y le dan la forma irregular que tiene, menciono el que avanza hasta el cerro de los Remedios y la garita de Analco, y la Sierra del Capulín, que separa el valle de Durango, propiamente dicho, del de Santiago Bayacora, que en cierto modo constituye con el primero una unidad geográfica.

---

(1).—Todos estos datos han sido tomados del "Libro Segundo de la Crónica Miscelánea" escrita por Fray Antonio Tello, reimpreso en Guadalajara en 1891.

(2).—Ramírez Fernando J., Lic.—Noticias Históricas y Estadísticas de Durango, Bol. Soc. Geogr. y Est. Pág. 17.

(3).—Farrington, Loc. cit.

(4).—Ramírez Fernando J., Lic.—Loc. cit.

(5).—Davidson. Informe a la Cía. Fundidora de Fierro y Acero.

Al E. del cerro de Mercado y en dirección de S. E. a N. W. existe el valle de San Juan de Dios, otra prolongación del de Durango, que se extiende hasta el pié de la mesa basáltica de los Burros.

El valle queda abierto por este rumbo, que es por donde pasa el ferrocarril a Torreón, formando en realidad, los terrenos que esta línea cruza, una planicie continua con la de Durango; terrenos que se llaman de la Labor de Guadalupe, cruzada por el río Canatlán o de la Sauceda, que corre al E. de las mesas basálticas para juntarse al río del Tunal.

Diseminados en las inmediaciones de la planicie, cerca de Durango, hay pequeños cerros, como el de Mercado, que se levanta 195m. sobre la llanura (2088 de altura absoluta, tomada con aneroide; posteriormente la nivelación topográfica del Ing. A. Acevedo dió 2092) el de Guadalupe que tiene 57m.; el de los Presos 41m.; el de Fray Diego 17m.; el de las Víboras 80m., San Antonio 82m., La Tinaja, 85m., El Almagre, 42m., San Rafael, 82m. y La Bruja, 126m., todos de poca elevación y entre los cuales sobresale, como el plano topográfico lo muestra, el cerro de Mercado, más notable que por su altura prominente, respecto de las otras pequeñas eminencias citadas, por la naturaleza excepcional de su formación.

El drenaje del Valle de Durango, se hace, principalmente, por el río del Tunal que corre de W. a E. al S. de la ciudad, y que tiene sus fuentes en la vertiente de la Sierra Madre, y que, después de recibir el caudal de los ríos Chico, Canatlán o de la Sauceda, Poanas y Suchil, forma el río de "El Mezquital", pasa a través de la Sierra Madre, por un profundo y largo cañón, entrando a Nayarit con el nombre de Río de San Pedro y desembocando en el Océano Pacífico en las lagunas cerca de Mexcatitlán, después de pasar entre las Sierras de Teponahuaxtla y del Nayarit, ambas del sistema de la Sierra Madre Occidental, y siguiendo un curso más o menos paralelo al del Río Grande o de Santiago.

Completan el drenaje del valle, aunque sin asumir la importancia de la corriente fluvial Tunal-Mezquital, ya a grandes rasgos descrita, varios arroyos que sólo tienen agua en la época de lluvias, como son el Arroyo Seco al S. del cerro de los Remedios; el de San Vicente, al N. del mismo; y otros que, reuniéndose frente al cerro del Santuario, forman la Acequia Grande que atraviesa la ciudad de Durango que va a perderse en una depresión pantanosa, cuya comunicación con el río de Durango está interrumpida al S. del cerro de Navacoyán. El curso de estos arroyos suele ser divagante, como también parece serlo el del Tunal, en las inmediaciones al W. del cerro Navacoyán ya citado.

La estructura de las formaciones, en los alrededores de la zona estudiada, muestra claramente las formas definitivas de una arquitectura resultante de acciones dinámicas por grandes lapsos de tiempo ejercidas y las formas jóvenes en donde el trabajo de la erosión se prosigue hasta nuestros días en intensa forma.

Entre las primeras, hay que citar la región de las mesas, que empieza en las cercanías de Durango, al W. de la población, cubiertas por riolitas y tobas riolíticas, desgarradas en partes y formando acantilados.

Las segundas, forman la parte central de la planicie, en donde la erosión ha hecho desaparecer la mayor parte de los riolitas y de las tobas, conservándose solamente testigos aislados, entre las formaciones riolíticas y basálticas.

CAPITULO II

LA EROSION EN EL VALLE DE DURANGO

Por el Ingeniero de Minas PEDRO GONZALEZ

(Con la colaboración en el trabajo de campo, del Ingeniero de Minas MANUEL SANTILLAN.)

El estudio que la comisión de que formé parte ha hecho, no comprende sino la zona de 8 kilómetros de radio alrededor del Cerro de Mercado, o sea unos 200 kms. cuadrados de superficie. Del resto, sólo por un parcial reconocimiento general y por los datos consignados en varias publicaciones y en estudios hechos anteriormente por mí, puede colegirse que los efectos de la erosión han asumido gran papel en la determinación de las formas actuales del relieve, entre las cuales descuella el criadero de fierro que, por efectos de denudación proseguidos hasta gran profundidad, quedó a descubierto.

Los testimonios del trabajo erosivo se encuentran claramente expuestos, ya en las estructuras jóvenes que constituyen las partes bajas del terreno, ya en la abundante parte residual del criadero de fierro, ya, por último, al decir de personas que han descrito esos lugares (1), en las grandes quebradas, desmembraciones y profundos cañones a través de la Sierra Madre, por donde al parecer discurrió la enorme masa de detritus arrancada a través de los tiempos, de aquella extensa zona del actual Valle de Guadiana.

En ciertas regiones, el trabajo de los agentes externos ha terminado su obra denudatoria y así se manifiesta en las mesetas de que ya se habló, y en otras muchas que cubren grandes extensiones en las partes más elevadas de la Sierra, como en El Salto, a 2600 metros sobre el mar, en Otinapa a 2400, y en otros muchos lugares (2). La determinación de esas formas, que ya parecen definitivas, es otra prueba de la magnitud del trabajo denudatorio, el que, en varias quebradas ha arrancado las gruesas corrientes de lavas jóvenes, poniendo al descubierto las rocas fundamentales andesíticas y, en otras partes, los depósitos sedimentarios quizá más antiguos, como los de San Andrés de la Sierra y los que se encuentran abajo de Topia, de que habla el señor Ing. Rouaix.

Manifestaciones de tal fenómeno se han estudiado recientemente por una comisión del Instituto Geológico, que ha iniciado el reconocimiento de la Sierra en el Estado de Sonora.

El Ing. Rouaix lo deja comprender igualmente, en sus breves descripciones de la Sierra, en territorio del Estado de Durango; y, por último, el señor Ing. Ordóñez, en su estudio ya citado, dice lo que textualmente reproducimos, porque contiene conclusiones precisas y terminantes, formuladas por observador competente como es él:

---

(1).—Especialmente he encontrado esas descripciones en el estudio intitulado "Descripción de una parte de la Sierra Madre en el Estado de Durango, desde los límites de Chihuahua hasta el paralelo 24°", por el Ing. don Pastor Rouaix, y en el estudio del Ing. D. Ezequiel Ordóñez, intitulado "El Distrito Minero de Hostotipaquillo y el río Lerma o de Santiago."

(2).—La altura máxima de la Sierra Madre es alrededor de 2900 metros.

"De todos es sabido que el soporte occidental de la Mesa Central de México es esencialmente eruptivo y que la riqueza mineral de la Sierra Madre ha logrado exhibirse a fuerza de una tremenda erosión, porque el margen occidental elevado de la gran Mesa Central estuvo cubierto de rocas (rhyolitas y dacitas) extendidas también en mesas; y jamás se habrían revelado las vetas minerales que vienen encajadas en las rocas subyacentes (andesitas, dioritas y granitos terciarios) si las aguas no se hubieran llevado a las costas y al Océano un volúmen formidable del material de las mesas marginales".

"Hoy se ven en la Sierra Madre las mesas hechas girones, separadas por quebradas y cañones en cuyas profundidades y taludes asoman en redes numerosas las vetas minerales."

"El río de Santiago es uno de los más grandes de México, tiene cerca de 900 kilómetros de longitud; nace en el rincón oriental del alto valle de Toluca, de diversos manantiales que reunidos forman las lagunas cenagosas de Lerma y Almoloya. El nombre de Lerma lleva el río hasta vaciarse en la laguna de Chapala hacia la mitad de toda su longitud. Chapala fué en los tiempos Pliocenos un amplio valle regado por el río, pero a principios de la época reciente, una barrera de lavas basálticas que se formó, convirtió el valle en un amplio recipiente de las aguas, inundó una gran comarca y formóse el lago permanente. Algún tiempo después la erosión restituyó al río su antiguo cauce, devolviéndole su camino al mar."

"Al cortar el río de Santiago la Sierra Madre, descubrió un territorio mineral que no tiene menos de treinta millas de longitud en las cercanías de Hostotipaquillo, mostrándose las vetas en los taludes de montaña que descienden directamente hasta el cauce del río. "La red mineral se extiende sin interrupción hasta donde la erosión ha suprimido ya las cubiertas de rocas más jóvenes que las vetas y que las tuvieron ocultas por el transcurso de muchos siglos..." "Es un hecho comprobado que el río Grande de Santiago ha excavado su cauce tres veces. El lecho del río no fué formado de manera accidental y caprichosa, sino que comenzó por inundar un extenso valle rodeado de montañas eruptivas; debe hacerse constar que las rhyolitas que formaban las mesas, no se extendieron sobre prolongadas ramificaciones de andesitas, sino sobre montañas independientes próximas unas a otras; pero cada una con su historia propia de evolución volcánica, sincrónica en algunas de ellas."

"Este valle **miocénico** fué ahondándose gradualmente por efecto de la erosión y más aún por desplazamientos de grandes masas, debido a fallas a lo largo de los diques, etc."

"En los tiempos **post-pliocenos**, grandes corrientes de rhyolita que cubrieron de mesas esta extensión territorial, llenaron la cuenca del río e interceptaron el curso de las aguas, pero éstas pronto reasumieron su curso sobre las mesas y de manera subterránea, siguiendo su antiguo cauce."

"La erosión hacia atrás de las corrientes de agua, ayudada de los movimientos de tierras ha acabado por restituir por segunda vez, el cauce antiguo del río, en la forma de un cañón de paredes escarpadas, primero ancho, y de taludes suaves después."

"Por último, el valle del río es teatro de un nuevo episodio: la pendiente uniforme del valle favorece el escurrimiento de corrientes de lavas basálticas de muchas millas de longitud y de 100 a 300 pies de espesor. La erosión ataca, corta y derrumba estas corrientes para devolver al río su lecho conquistado."

Las observaciones y la teoría del Ing. Ordóñez están de acuerdo con lo que escribió en 1901 W. H. Weed (1), y refiriéndose a un corte que dista del anterior más de 600 kilómetros, pues lo hizo por Parral, Guadalupe y Calvo, Sinaloa y la Costa:

"Al W. del parteaguas de las montañas de Santa Bárbara, se cruzó una corriente de basalto de 100 a 300 pies, que descansa sobre la superficie erosionada de rhyolita; el basalto mismo muestra que ha estado sometido a la erosión. Después del basalto se ven las rhyolitas en la depresión del Río Hondo".

(1).—Notes on a Section across the Sierra Madre. By W. H. Weed. Trans. Am. Inst. Min. Engs. 32-1901 - p. 448.

"En general prevalecen verdaderas rhyolitas que forman cimas y cañones; pero las tobas endurecidas y cenizas, productos de antiguos volcanes, llenaron los profundos cañones de pórfido andesítico. Más abajo se ven los diques de granito."

"En la cumbre, el río corta todas las variedades de roca: las andesitas, brechas y tobas andesíticas, cubiertas por rocas dacíticas. Donde la erosión se ha llevado a las rhyolitas, las andesitas son cortadas por diques de granito. Las rhyolitas parecen idénticas a las dacitas que se ven más al W., se presentan en varios puntos a diferentes alturas, y muestran que la región montañosa andesítica, más quebrada que la actual, fué rellenada y nivelada por corrientes de rhyolitas y dacitas. La base de estas rocas está formada por tobas con planos de separación bien marcados."

En la pág. 458, W. H. Weed da la serie de rocas que forman el macizo de la Sierra Madre, como sigue, de arriba hacia abajo:

6—Basalto.
5—Rhyolita.
(En partes se confunden).
4—Dacita.
3—Granito. (En diques en la bajada a la costa).
2—Traquita.
1—Andesita.

En 1903, G. C. Hewet acepta las ideas de Weed, por sus observaciones en Guanaceví, en donde la andesita está descubierta en varios kilómetros y demuestra que la mayor elevación se verifica al W. de Guanaceví y San Pedro a 2849 mts. de altura y en donde Weed indicó 3100 mts., o sean 64 kilómetros al N. de Guadalupe y Calvo.

Si consideramos ahora los ríos de la cuenca del Nazas, que nace en la vertiente E. de la Sierra Madre y tomamos su altura en el camino de Tepehuanes a Guanaceví (1), vemos que el declive es claramente marcado hacia el Sur; pues tenemos: Tepehuanes 1850, Primer Paso Arroyo Venado, 1880; Arroyo Saucillo, 1910. (Nota: Los arroyos de La Posta, Arroyo de El Rey, Arroyo del Obispo y Arroyo del Gato, se cruzaron más arriba para facilitar el vado, a 2080, 2150, 2310 y 2300 mts. respectivamente). Arroyo de Coyotes 2090, Río de Biogame, 2010, Arroyo Seco 2040, Arroyo de La Lobera, 2040 y Río Guanaceví 2155. En Guanaceví la formación es andesítica en su mayor parte y se encuentra a diferentes alturas, pero tomamos un promedio de 2250; sobre la andesita viene una gruesa capa de conglomerado, y encima de éste las rhyolitas. No se encontró basalto. De manera que, tomando hasta aquí la Sierra, se ve que la depresión en Tepehuanes fué rellenada por rhyolitas y tobas. Esta depresión se extiende hasta Durango, con accidentes orográficos intermedios. Ahora bien, entre los paralelos 24° y 25° de latitud N. (2), el basalto aparece al E. del Valle de Durango, en una extensión considerable, 200,000 hectáreas (3) y a una altura de 2030 mts. sobre el mar. La formación rhyolítica en el valle consiste en testigos residuales que tienen alturas como ya se dijo en el Capítulo I., que varían entre 17 mts. sobre la planicie (1893) hasta 82, como sigue: Fray Diego 17, Los Presos, 41; El Santuario, 57 y San Antonio 82. Esta formación rhyolítica se presenta en mesas separadas que descansan sobre una capa de tobas en el flanco E. de la Sierra; la pendiente es sumamente fuerte desde Garavito hasta Otinapa y en esta parte se ven las mismas formaciones; en los llanos de San Javier (2450 mts.) se encuentran depósitos cuaternarios y recientes; estos llanos se extienden hasta una estribación que al terminar en una mesa forma una pequeña cuenca, en donde se forma la Laguna Colorada, como a 2500 mts. de altura; en esta altiplanicie local se encuentra otra vez el basalto, que desaparece en la bajada al Río de Las Palomas; siguen los valles que se forman en la parte superior de los cordones como el de Rancho Nuevo a 2525, La Ciénega 2490, Las Mesas a 2400 separados por profundos barrancos más o menos paralelos, formados por tobas rhyolíticas, y rhyolitas. Al pasar esta zona de quebradas, se baja aún más a la barranca más profunda, por La Cruz (1550 mts.)

(1).—P. González. Informe a la Compañía Exploradora de Hidalgo. El Mineral de Guanaceví. Julio y Agosto-1917.
(2).—P. González. Informe a la Compañía Exploradora de Hidalgo. El Mineral de Gavilanes. Oct. 1919.
(3).—Ing. Pastor Rouaix. Configuración geográfica y Climas del Estado de Durango. Mem. Soc. Alzate, p. 14, T. 29. 1909-1910.

hasta la antigua Hacienda de "El Pilar" (1200 mts.) en donde aparece el núcleo de la sierra o sea la andesita; al subir hacia Gavilanes, por la Laguna, se cortan las formaciones rhyolíticas y se llega a Gavilanes, con 2280 mts. de altura; en la región de Gavilanes se encuentra andesita y rhyolita en diques. Este levantamiento hacia el W. de la formación andesítica indica que la topografía antigua fué tan grandemente erosionada, que en un tramo horizontal muy corto había desniveles hasta de 1400 mts. en los afloramientos de la andesita (1), pues según J. A. Avirette las alturas son en El Río, abajo de El Pilar, 958 mts. Plaza de Gavilanes sobre el Río, 1313 mts.; Plaza de Gavilanes, 2271 mts. sobre el mar. La mayor altura en la región es el cerro aislado de Huehuento, que tiene 3350 mts.

En la vertiende E. de la sierra nace el río del Tunal, que después de formarse por los afluentes de esta zona, corre de S. a N.; luego de W. a E. al S. de Durango y en seguida voltea bruscamente al S. pasando por Mezquital, en donde toma este nombre. La altura media del Valle de Durango es de 1893 mts.; al llegar el río a las estribaciones de la sierra tiene un desnivel de 1100 mts., y al cruzarla, de 1400 mts. respecto al valle de Durango, pues, con relación a las cimas que tienen más o menos 3000 mts. de elevación, la diferencia es de 2200 mts. (2) sigue hacia el Pacífico con el nombre de Río de San Pedro, y al llegar a la costa toma una dirección casi paralela a la del Río Grande de Santiago. Estos dos ríos están separados por un contrafuerte relativamente angosto, y la cuenca del río de Santiago muestra los basaltos a una altura inferior a la que tienen en Durango. La capa de basalto en la cuenca del Lerma, de Orendáin al Río, tiene una inclinación al NE., y en un corte de esta región, de Guadalajara a Autlán, con rumbo más o menos S. 45°W., dominan los basaltos que se encuentran a 2100 mts. en las montañas de Quila, siendo cada vez más escasas las rocas silicosas, como lo dicen los Sres. Aguilera y Ordóñez en el Bosquejo Geológico de México, publicado en los Boletines núms. 4 y 5 del Instituto Geológico.

EROSION EN EL VALLE DE DURANGO.—El Valle de Durango, al pié de la vertiente oriental de la Sierra Madre, es una forma negativa del terreno, es decir, una depresión del sistema general de la Sierra y principio de la Mesa Central. En la actualidad no quedan rocas sedimentarias dentro de la zona alrededor del Cerro de Mercado y la ciudad de Durango, pero en los tiempos cretácicos estuvo cubierto por calizas (3). "La Sierra Madre Oriental está en su mayor parte casi exclusivamente formada por rocas del cretácico medio; no sucede lo mismo en la parte occidental donde forman sierras y cordilleras de alguna importancia como elemento constitutivo de la Sierra Madre del Pacífico. Se encuentran estas calizas sobre la Mesa Central, en sus vertientes W. E. y S., y esto nos demuestra que los Océanos Atlántico y Pacífico, se comunicaban, cuando se verificó el depósito de estas calizas del Cretácico Medio Mexicano". (4) Al formarse la Mesa Central por el levantamiento del cretácico, estas calizas fueron destruídas, erosionadas; el levantamiento notabilísimo del terreno quedó limitado por la formación de la Sierra Madre, dejando a la gran altiplanicie más o menos a nivel; el reajuste de las formaciones terciarias produjo fallas más o menos paralelas al eje actual de la Sierra; estos **deslizamientos** se propagaron en escala descendente a la altiplanicie, como puede aún observarse en el Valle de Durango, en el cerro de San Antonio, en donde el plegamiento de las capas del rhyolita indica que fué sitio de movimientos tectónicos. Estos desplazamientos fueron menores en la zona de Durango, como se deduce por la gran diferencia de nivel que hay entre el Valle de Durango, por donde corre el río del Tunal o de Mezquital, y la base de la Sierra; los blocks principalmente desalojados se encuentran al N. y al S. de la región de Durango, como se deduce de la altura del Valle en donde las aguas son divagantes en algunos puntos y por la circunstancia de ser esta región aseísmica, y estar comprendida entre dos zonas seísmico-tectónicas.

(1).—P. González. Informe a la Compañía Exploradora de Hidalgo. Mineral de Gavilanes. Oct. 1919.
(2).—Configuración Geográfica y Climas del Estado de Durango, por el Ing. Pastor Rouaix, T. 29 (1909-1911).
(3).—Entre Cañitas y Durango hay formaciones sedimentarias que una comisión especial del Instituto Geológico está estudiando. (Enero de 1923).
(4).—J. G. Aguilera. Bosquejo Geológico de México. p. 211, Bol. XIV y XV.

Así pues, las rocas eruptivas terciarias, andesitas, fueron erosionadas hasta que las erupciones rhyolíticas, rellenaron sus precipicios y ondulaciones; después, esta formación de rhyolitas y tobas fué a su vez erosionada hasta la época de las erupciones basálticas, erosión que podemos llamar contemporánea, pues una vez destruida la cubierta del basalto, la denudación prosigue en los rhyolitas, formando grandes saltos en los lugares en que se formaron las fallas que dislocaron grandes blocks de la Sierra.

El Cerro de Mercado, descubierto por una formidable erosión, por su naturaleza misma pudo resistir mejor a los agentes de denudación, y así vemos que se levanta negruzco e imponente enmedio de la llanura, conservándose el material que de él ha desprendido la erosión; al contrario de lo que ha pasado en los pequeños cerros del Sur, a los que en cierto modo protege el de Mercado, y que, sin embargo, parece que se hunden en fatal peregrinación hacia el océano.

CORROSION.—Esta se verifica únicamente en el Río del Mezquital, en donde va cavando su cauce hacia atrás; la denudación ha obrado ampliamente ensanchando los cauces de los afluentes de esta cuenca hidrográfica, y se ha hecho particularmente notable en el Valle de Durango, alrededor del Cerro de Mercado, dejando en el W., mesas cortadas por barrancas poco profundas y en el E. una línea bien marcada al llegar a la provincia basáltica.

La denudación, poderosamente ayudada por intemperismo, ha obrado en todo el valle, abriendo sus límites del Oriente y del Poniente, y llevando el producto de ellos hacia el Sur o sea hacia el río del Tunal.

ABRASION.—Se verifica en los cerros residuales que se encuentran como testigos en el Valle, principalmente en los primeros meses del año, cuando dominan los fuertes vientos del NE., que alcanzan velocidades de más de diez metros por segundo; la desagregación de las rocas que forman la parte superficial de los cerros de Guadalupe, Los Presos, Fray Diego y Calvario, después de sufrir la abrasión por las arenas transportadas de la región N. del valle, aumenta en volumen y va a depositarse por orden de densidades hacia el Río del Tunal; el depósito de las arenas finas se hace en la margen izquierda del Río del Tunal, y forma pequeñas dunas que dan a esta parte del llano un aspecto ligeramente ondulado.

La margen derecha del Tunal, en esta parte, está formada por un contrafuerte bastante elevado sobre la planicie; así es que, los vientos del Pacífico o sea los del S. W., que dominan en tiempo de lluvias, no influyen para regresar el material depositado.

Estos depósitos eólicos no están consolidados en el Valle, ni lo han estado nunca, pues en el corte del pozo de Casas Altas, se encuentran tres capas sucesivas de 0.80, 0.60 y 5 mts. de espesor, formadas por arena suelta; la capa acuífera también está fomada por arena y conglomerado; no se observa cemento calizo en alguna de ellas.

CAPITULO III

ESTUDIO MORFOLOGICO DEL CERRO DE MERCADO, Y DATOS SOBRE LAS FORMACIONES MINERALES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE DURANGO,

Por el Ingeniero de Minas L. SALAZAR SALINAS.

El criadero del Cerro de Mercado, descrito por algunos autores como una masa de base aproximadamente triangular, tiene el aspecto de abruptos crestones metálicos, que se destacan prominentemente a distintas alturas, desde cerca de la base hasta la cima del cerro, es decir, entre altitudes de 1900 y 2092 mts. sobre el nivel del mar, y rodeadas, en la mayor parte de su extensión, por materiales residuales del mismo mineral de fierro, los cuales se extienden hasta la parte baja, ocupando grande extensión en la llanura, donde han sido objeto de explotación.

La parte de la montaña, donde tales prominencias ferruginosas se yerguen, es la que puede considerarse incluida dentro de una superficie de forma más o menos triangular, que cubre unos 560,000 metros cuadrados, pero hay zonas de hematita compacta, análogas a la que constituye las prominencias dichas, que salen fuera de esa zona triangular y ocupan extensiones considerables, aunque sin crestonear notablemente.

A manera de contrafuertes, desprendidos de esa zona que llamaré de los crestones, se extienden dos lomeríos alargados de material riolítico, uno hacia el E. de la zona de los crestones, con dirección general al S. E., y otro que se desprende del crestón más alto, llamado de la Cruz, con rumbo general hacia el N. E.

Los crestones ferruginosos no presentan en su conjunto una orientación definida, sino que más bien afectan una disposición irregular, que se aproxima a la de tres series, una de N. W. á S. E., otra de W. á E. y la tercera, que es la más típica, de N. E. á S. W.; aspecto puramente convencional y que ha sido el resultado de acciones geológicas posteriores a la formación del criadero, como más adelante se explicará.

A niveles inferiores a los de los crestones en los trabajos de reconocimiento que en pequeño número existen y que consisten en socavones y tajos, cuya ubicación puede verse en el plano, la formación mineral de óxidos de fierro compactos se presenta en capas (1) de espesores variables, limitadas inferiormente, por superficies casi siempre onduladas. Algunas de estas capas han sido reconocidas en trabajos a cielo abierto que se conocen con los nombres de "La Bruja" y "Peña Morada", en las cuales quedan a nivel inferior al de la llanura sobre la que se levanta la colina conocida con el nombre de Cerro de Mercado.

(1).—Aludo exclusivamente a la forma y no al origen del criadero.

Así pues, la formación mineral, seguida a lo que provisionalmente pudiéramos decir "a rumbo", ofrece una serie de picachos de óxidos de fierro compacto, enlazados, subterráneamente, con depósitos del mismo material, que ya se extienden en forma de capas cercanas a la horizontal, ya se "clavan", formando masas de apariencia filoniana, limitadas casi siempre por rocas riolíticas que afectan, en los contactos, el aspecto de respaldos de vetas, con rumbos y echados bien definidos y a veces persistentes en extensiones más o menos grandes.

Otras veces, siguiendo lo que aparentemente es el rumbo del criadero, asimilándolo a un depósito filoniano, éste desaparece bruscamente, al ser cortado por un dique de pequeño espesor, o aun por un reliz estriado y planchado, que es en realidad una falla posterior al depósito mineral.

Examinado el criadero en sus variaciones "a profundidad", se nota que, por todas partes, termina bruscamente la formación ferruginosa, en contacto con rocas riolíticas (1), las que es muy común observar en formas abovedadas (2), cuyo perfil sigue el depósito mineral, notándose penetración del mineral en la roca, la que también se ve impregnada por roca básica, como lo confirma el estudio micropetrográfico demostrando que la roca riolítica está íntimamente penetrada por intrusiones de roca básica, impregnación que tiene caracteres, en muchos casos, de sustitución metasomática. En cuanto a la riolita superficial, su impregnación por óxido de fierro, parece ser fenómeno secundario; no son muy visibles las alteraciones por metamorfismo, que sin embargo existen, especialmente en los contactos con los diques y en las cercanías de la roca intrusiva, como se explicará en el estudio petrográfico en cuyos casos, tanto la roca ácida como la básica están metamorfizadas, desarrollándose en la primera una textura perlítica y en la segunda, una carbonatación, fenómenos ambos estudiados por el Petrógrafo don Rodolfo Martínez Quintero.

Hay fragmentos de riolita que están recubiertos por costra de hematita, la que ha penetrado a la masa de la roca, rellenando los conductos fáciles y produciendo la impresión de haber sido sumergida la roca en un baño fundido, impresión acorde con las ideas que sobre la génesis del criadero se expondrán en su lugar.

Se comprende por lo dicho, que hay en este criadero ciertas peculiaridades que le dan una apariencia de regularidad, que en realidad no existe; y de ahí que, tanto los exploradores que han reconocido el criadero del Cerro de Mercado, como las personas que lo han explotado, suelan considerar como mantos o capas sedimentarias a ciertas partes del criadero y vetas, a otras. La semejanza, sobre todo en este último caso, es tan notoria, que aún el actual Director de los trabajos (3), que conoce el origen del criadero y sabe que no es filoniano, usa convencionalmente los términos de "alto", "bajo", "rumbo" y "echado", exclusivos a tal clase de yacimientos minerales.

Esto, por lo que se refiere a la parte maciza del criadero, constituída en su casi totalidad por hematita (Fe_2O_3) con bellas cristalizaciones de martita (sesquióxido de fierro isométrico) principalmente en las oquedades; así como acumulaciones de apatita ($Ca_5P_3O_{12}$) (Fl, Cl) en bellos cristales hexagonales de la variedad esparraguina. Tales son los elementos minerales abundantemente contenidos en el criadero, y visibles a la simple vista; a los que hay que agregar las grandes acumulaciones de fierro especular que se encuentran en varias partes de los laboríos de exploración y el cuarzo en algunas de sus variedades amorfas, tales como calcedonia y ópalo, que cubren a veces la superficie de rocas ultrabásicas encontradas en las cercanías del cuerpo de mineral de fierro. Se encuentra también el cuarzo en la masa del mineral de fierro.

El estudio microscópico y los análisis químicos han revelado la presencia de otros elementos minerales, tales como magnetita y topacio, siendo evidente que la aguja magnética sufre atracciones irregulares, sobre todo en las inmediaciones del Picacho de La Cruz y

(1).—Esta no persistencia a profundidad del yacimiento, está acorde con su naturaleza genética, pues los movimientos de un magma viscoso facilitan la formación de masas irregulares limitadas, más bien que de cuerpos persistentes a rumbo o a profundidad.

(2).—Probablemente las que el Prof. Cullis llama "domas de acumulación". Transactions of the American Institute of Mining and Engineers.—Vol. XXIX.—1920.—Pág. 349.

(3).—El Ing. de Minas don Manuel Rangel.

al Norte de él, lo que desde un principio me indujo a suponer que entre los constituyentes del yacimiento se encuentra la magnetita; probablemente diseminada en la masa general y no en todas partes a la misma profundidad. Ejemplares minerales, colectados por mí, ejercen una acción fuerte sobre un imán.

Rangel, en su estudio sobre este yacimiento, publicado en el Boletín No. 16 del Instituto Geológico, niega la existencia de la magnetita, aunque reconoce que algunos ejemplares de la parte N. del cerro presentan débiles propiedades magnéticas; mas posteriormente, y con el acopio de datos que le hemos ministrado, ha rectificado su primera opinión.

Las desviaciones observadas por mí no fueron determinadas con gran precisión, pero estoy seguro, por las anomalías que he notado al consignar los datos en el plano, que son de más de 10° y aun pueden llegar a 40°, observación que, completada por la de la acción del mineral sobre un imán, comprueba plenamente la existencia de la magnetita, probablemente abundante.

Acerca de la hematita compacta se ha emitido la opinión de que presenta una estructura columnar, semejante a la del basalto (1), opinión que pudiera inducir a error en lo tocante a la génesis del criadero.

En mi concepto, la estructura de las grandes masas de hematita, en los prominentes crestones que coronan la superficie del cerro, si bien presenta, vista a distancia, un aspecto de columnas, o más bien obeliscos de variadas dimensiones, no es propiamente una estructura columnar semejante a la de basalto, lo que pudiera hacer suponer que proviene de fenómenos de consolidación lenta de una masa fundida. Lo que da a esos crestones el aspecto bizarro que los caracteriza, creo que es resultado de la intensa denudación que, desde que el criadero de fierro quedó a flor de tierra, hasta nuestros días, se ha venido verificando, y cuyos efectos pueden apreciarse por la enorme acumulación de hematita residual, que cubre el talud de la montaña y se extiende a largas distancias alrededor de ella, formando capas más o menos potentes de material clástico cementado por productos arcillosos, y constituyendo la parte más fácilmente explotable del criadero (2).

Los crestones de hematita, desgastados por esta acción erosiva incesantemente realizada a través del tiempo, ofrecen ahora ese aspecto característico del material compacto al que gradualmente le ha sido arrancado fragmento a fragmento y del que persisten las agujas centrales, o núcleos, alrededor de los cuales la obra denudatoria se verifica sin cesar.

Una parte de ese material puede haber sido originalmente, producto de trituración a lo largo de las fallas posteriores al yacimiento; pero, la mayor parte proviene de acciones denudatorias, de cuya extensión e intensidad hay numerosas pruebas en toda la región, entre otras partes, en las montañas que rodean al valle de Durango, siendo tal fenómeno uno de los que arrojan luz sobre el origen del criadero, como lo dilucidaremos al tratar más adelante de este interesante problema.

La relación entre la masa riolítica y el depósito de fierro, es evidente; pues no sólo se observa esa superposición del segundo sobre la primera, siguiendo las ondulaciones de ella, sino que, pudieran corresponder aquellas zonas abovedadas de la riolita a verdaderas domas de acumulación, en donde la masa mineral alcanzara su mayor prominencia, constituyendo los crestones. Así parece indicarlo, entre otros, el rebosadero de fierro que se ve en el centro del amplio anfiteatro que se ha formado con la explotación a cielo abierto, llamada de la Peña Morada, siendo éste uno de los casos en que, en el contacto de la masa mineral con la roca, se observa una aureola de alteración en ésta.

En algunos lugares, cerca de la superficie del cerro, la hematita, en lugar de envolver a la roca riolítica, como en el caso que en páginas anteriores cité, se presenta como núcleo central, más o menos envuelta por una capa riolítica, fenómeno que me hace suponer que son dos clases de roca riolítica, las que existen: una, relativamente profunda, anterior al criadero,

---

(1).—Farrington-Geology of Western Mexico (Field Columbian Museum). Vol. 2.

(2).—Farrington asegura en su estudio ya citado, que este material residual fué encontrado cerca de 5 Km. hacia el S. del Cerro de Mercado, a una profundidad de 18 metros, cuando se estaba excavando en busca de agua. Los señores Ingenieros González y Santillán no encontraron esa materia en los pozos hacia el Sur de la ciudad, que examinaron, y cuyas profundidades son alrededor de 10 mts.

y otra, superficial, de carácter netamente efusivo, que casi ha desaparecido en el Cerro de Mercado por efecto de la erosión. (1)

El estudio micropetrográfico de las muestras recogidas, dará nuevas luces acerca de estos fenómenos.

Al referirme a las formas geométricas definidas que muchas veces afecta el criadero, y a su limitación por superficies más o menos planas que bruscamente lo interrumpen, hablé de diques y de fallas; accidentes geológicos que desempeñan papel interesante en la morfología del yacimiento y que aún pueden arrojar luz acerca de su naturaleza genética y de sus espectativas industriales.

La teoría citada por Lindgren, (2) asentando que las grandes intrusiones de roca ígnea, sobre todo en relación con depósitos minerales, están acompañadas por una serie de diques posteriores, o complementarios, de composición semejante a la de la roca dominante, y sólo difiriendo de ella por el enriquecimiento de ciertos constituyentes y reducción de otros, colijo que tiene una comprobación en el caso que vengo estudiando, pues pude identificar varios diques bien definidos, y con tendencia a una disposición radial con relación al Cerro de Mercado, no obstante que, siendo varios de ellos de aspecto riolítico, como la masa general rocallosa que cubre los cerros, no se destacan tan claramente como sucedería si estuvieran constituidos por roca bien distinta de la encajonante, circunstancia que probablemente se agrava porque la intrusión de esos diques puede haberse verificado cuando la roca efusiva estaba aún caliente y no dieron lugar a las comunes manifestaciones por enfriamiento en los contactos. Por el estudio micropetrográfico del material de estos diques, se verá que, en efecto, tienen relaciones de origen con el criadero del Cerro de Mercado.

Uno de estos diques se ve en un pozo situado entre los socavones de la Cueva y del Picacho, siendo su dirección general de N. E. á S. W. y viéndose la masa mineral en perfecto contacto y por lo tanto, interrumpida, con lo que llamaré respaldo alto ó N. W. del dique.

En la labor llamada de la Cueva, el mismo dique, de poca anchura, interrumpe bruscamente el potente cuerpo mineral.

En la ladera E. del cerro, una cata recientemente abierta, ha puesto al descubierto un bien definido dique, angosto, de roca básica, la que produjo efectos de metamorfismo sobre la roca riolítica en que arma.

En el lomerío riolítico que queda al N. W. del Picacho de La Cruz se ve la falla que sirve de límite entre la formación riolítica del cerro de la Bruja y el macizo de pórfido cuarcífero que cubre la cima del cerro Blanco; habiendo además indicios de otra falla que cruza todo el cerro, de N. E. á S. W. y define, hacia el S. E. una depresión tectónica muy interesante, cubierta por capa de riolita, y abajo de la cual, es muy probable que se encuentre mineral de fierro en abundancia.

En el frontón o escarpe que sobre los crestones define este afallamiento, se notan fracturas y fallas conjugadas que, al parecer, produjeron descensos escalonados, de N. E. á S. W. que claramente afectaron al criadero mineral; y la roca que se encuentra al S. E. de este afallamiento, o sea el borde de la depresión tectónica, muestra, examinada al microscopio, signos característicos de fusión.

En el cerrito de Fray Diego, situado unos 2 km. al S. E. de Mercado, se ven dos diques vitreos bien definidos cuyas direcciones son convergentes hacia el Cerro de Mercado. Uno de estos diques fué tomado como veta por algún explorador desconocido y allí pueden verse los pequeños labrados que inició.

En el cerro de Garavito, hacia el S. W. de Durango, hay otro potente dique, que también tiene su rumbo hacia el Mercado.

El estudio micropetrográfico del material de estos diques, consta en el capítulo respectivo.

---

(1).—Parece haber habido antes de la emisión de riolitas, un depósito de lavas menos alcalinas, las que se ven en el fondo de un pequeño pozo, hacia el N. E. del cerro, las que han sido clasificadas como latitas.

(2).—W. Lindgren.—"Mineral deposits".—Pág. 716.

Además de la gran zona fallada que llamo del "Picacho de la Cruz", porque cerca de esa prominencia pasa la falla, hay otras varias en la masa del yacimiento, produciendo dislocaciones perceptibles y mostrando superficies estriadas, indicios del movimiento a lo largo de ellas verificado. La posición de estas fallas puede verse en los planos que ilustran este informe.

Diques y fallas contribuyen grandemente a dar al criadero ese aspecto de regularidad que le asemeja y le ha hecho confundir con una veta o grupo de vetas o con un dique; pero difieren grandemente en sus efectos y en su edad geológica; pues mientras los primeros, anteriores al criadero mineral, definieron superficies según las cuales el producto magmático encontró fácil salida y ventajosas condiciones de solidificación, las segundas, han sido accidentes tectónicos posteriores a la consolidación del criadero, al que han deformado y sepultado en parte, en una bien definida fosa tectónica.

Así es que, sólo por asociación de ideas, he dicho al hablar de los diques, que **interrumpen** bruscamente la formación mineral, siendo que sólo le sirven de límite natural, sin que, por lo tanto, haya lugar a suponer que, interrumpida dicha formación, deba continuar en algún lugar al otro lado del dique, como podría acontecer en un criadero filoniano.

Algunos autores, entre ellos Farrington y Rangel, han creído encontrar relaciones de continuidad entre el criadero de Mercado y otros pequeños depósitos ferruginosos en algunas regiones del mismo valle de Durango, tales como el rancho de Morgan, el cerro de Garavito, el Almagre, etc.

El segundo de los autores citados, quien es actual Director de las explotaciones, ha rectificado su juicio, en vista de los nuevos datos que ha recogido y de los estudios que ha hecho.

Es, en mi sentir, en extremo problemático el atribuir esas manifestaciones minerales a una prolongación del gran criadero de Mercado. Aun me atrevo a considerar que esta suposición es aventurada e inadmisible; no sólo porque el examen de tales depósitos indica que fueron producidos por corrientes de agua cargadas de óxidos de fierro, que depositaron su contenido de fierro entre las capas de riolita que por su alteración suministró la arcilla depositada junto con el fierro, sino porque las ideas que hemos aceptado acerca de la génesis de Mercado, explican satisfactoriamente su limitación a la zona que constituye el cerro de ese nombre. (1)

Hay, en cambio, otros depósitos minerales, a los que los autores que de esta región se han ocupado, no han dado gran importancia; pero que quizá la tengan, en relación con la actividad genésica de la formación mineral.

Me refiero a las vetas de casiterita y, en general, a los depósitos estaníferos, que empiezan a manifestarse en las orillas de Durango y continúan a través de una extensa región hasta unos 160 km. hacia el N. de dicha ciudad y hacia el E. de ella, constituyendo la única región estanífera de México, relacionada genéticamente, según parece, con el yacimiento de fierro, y que justamente ha llamado la atención de los geólogos por encontrarse en formaciones riolíticas; las que, referidas a las postrimerías del terciario, (2) son emisiones recientes y que predominan en esta región del país, ocupando el Estado de Durango, el centro de la gran provincia riolítica que constituye el macizo de la Sierra Madre Occidental, desde la frontera con los Estados Unidos hasta el paralelo 21° (3).

No se observan detalles importantes en la mina mal labrada en el cerro de los Remedios sobre una veta de estaño; así es que, por ahora, me concreto a dar algunos datos generales recogidos.

La vetilla tiene un rumbo medio de 33° N. E. y está encajonada entre la roca riolítica que constituye la parte superior del cerro, pasando, poco más abajo, a la formación de tobas

(1).—Esto no quiere decir que no puedan existir, en lugares más o menos lejanos del cerro de Mercado, otros yacimientos de fierro aún no reconocidos. Más aún, éstos podrían tener origen semejante al de Mercado, dado que formarían, probablemente, parte de provincias comagmáticas.

(2).—Me refiero a las formaciones superficiales.

(3).—"Las rhyolitas de México".—Boletines núms. 14 y 15 del Instituto Geológico de México, por el Ing. Ezequiel Ordóñez.

riolíticas y ocupando, en ambos casos, el plano de una falla en la que se ha formado la veta. La riolita fluidal que corona esta pequeña eminencia, reposa pues, en forma de corrientes seudoestratificadas horizontalmente, sobre un banco o macizo de tobas riolíticas compactas de color claro que, alternando con láminas de riolita, forman un macizo cuyo espesor mínimo es de 10 mts. Es la misma formación de riolitas y tobas riolíticas la de toda la región estanífera entre Durango y Potrillos, (160 Km.) con los mismos caracteres de seudoestratificación la primera y procedentes de recientes épocas las segundas. (1).

En Potrillos, según el estudio de Ingalls ya citado, la inclinación de las capas de riolita es al Sur y están cruzadas por fallas que el autor considera contemporáneas con la disyunción.

En el valle de Durango hay sitios en que las riolitas yacen en posición horizontal como en Los Remedios, pero esto es variable y se presenta el caso, mencionado ya en el estudio geológico general, del cerrito de San Antonio, al N. del Cerro de Mercado, donde las capas de riolita se presentan plegadas, tal cual si hubieran sufrido la acción de esfuerzos tectónicos.

El llenamiento de esta vetilla está constituído, según se desprende de la relación que acompaña a las muestras que remitió el Ing. Rangel, por casiterita, rodeada a menudo por capa de hematita y en matriz cuarzosa.

Ingalls, en su estudio mencionado, dice que la persona que estaba encargada de la explotación en la región de Cacaria, intermedia entre Durango y Potrillos, clasificó la roca encajonante de las vetillas estaníferas, como cuarzo-pórfido.

Ya se sabe que el geólogo Ordóñez (2) consideró probable que los cuarzo-pórfidos no existieran en México, suposición que no se ha confirmado, pues, como se ve en el cuerpo de este estudio, y en especial en el capítulo consagrado a la petrografía, dichas rocas, han sido bien identificadas.

La riolita que cubre la cima de los cerritos del Calvario y de los Remedios es, en mi concepto, resto de la gran corriente de lavas jóvenes que aún corona las cimas de las altas montañas que rodean al valle de Durango.

El señor Ing. Ordoñez, en su estudio sobre las riolitas de México, ya citado, emite la opinión de que las riolitas litoides, o litoiditas, tales como las del Calvario, se presentan en forma de corrientes y caracterizan a las más jóvenes erupciones.

El mismo señor Ordoñez estudia las litofisas que abundan en estas corrientes y cita en especial, como más perfectas y bellas, las de Analco, idénticas, según mis observaciones, a las del Calvario.

Estas opiniones de Ordoñez vienen en apoyo de mi hipótesis de que hubo una reciente emisión de lavas riolíticas y que consolidadas éstas sobre una formación en que la actividad ignea aún no se extinguía, sufrieron la acción de emanaciones hidrotermales que contribuyeron a producir las numerosas y bellas litofisas que abundan en la región.

Ahora bien, indicios o resultados de esa misma actividad ignea son las vetillas de estaño: formaciones cuarzosas (3) producidas por emanación magmática, depositadas a distancia del cuerpo intrusivo, que en este caso, supongo que tuvo su centro en el Cerro de Mercado, y sus desprendimientos complementarios en varias partes, entre ellas Los Remedios. Son pues, estas vetillas, eslabones de unión, como lo han admitido, entre otros, Daubree y Beaumont, entre el depósito de origen igneo y los acuosos que existen, aunque sin valor industrial, en distintas partes de la zona.

Si la casiterita que constituye el relleno explorado de estas fracturas es un producto secundario, formado en las condiciones que describe el Prof. Cullis (4) es punto que no puedo dilucidar por ahora.

El Dr. Washington en su estudio "The Chemistry of the Earth's Crust" dice que es posible, al menos en algunos casos, que la casiterita sea de origen secundario, siendo un sul-

(1).—Walter Renton Ingalls.—The tin deposits of Durango.—Transactions of the American Institute of Mining Engineers. Vol. XXV. Pág. 152.
(2).—"Las rhyolista de México", Ob. cit.
(3).—Conteniendo albita, biotita, zirconio, hematita y elementos ferromagnesianos.
(4).—Transactions of the Institution of Mining and Metalurgy.—London.—Vol. XXIX 1920, Pág. 350.

furo el compuesto primario y el Prof. Cullis admite que formaciones minerales de estanita, pueden cambiarse a casiterita por los solos efectos de la erosión y el intemperismo que facilitan la oxidación del sulfuro.

Las ideas generales que he apuntado en relación con el posible origen de las vetillas de estaño, no correspondería en rigor consignarlas en este capítulo consagrado a la morfología de los criaderos; pero les he dado aquí cabida, tanto porque no volveré a ocuparme de ellas en capítulo subsecuente, como porque lo que digo acerca de su génesis son meros apuntes, cuya confirmación requiere estudio más detenido y que abarque extensión mayor.

CAPITULO IV

PETROGRAFIA DEL CERRO DE MERCADO Y SUS ALREDEDORES.

Por A. R. MARTINEZ QUINTERO.

Entre los varios investigadores que han visitado el Cerro de Mercado, dos solamente han hecho con cierto detalle, un estudio de las rocas que lo forman y rodean: Chrustschoff (1) y Ordóñez (2).

El primero de estos autores no cita con precisión las localidades en que fueron recogidas sus muestras; en lo general, habla de algunas rocas y minerales que no pude encontrar durante mi visita al cerro; menciona, por ejemplo, un pórfido cuarcífero que dice contiene tal cantidad de fenacita que se puede considerar como constituyente esencial del pórfido a que se refiere, (cuando se llegue el momento de hablar de los minerales asociados con las rocas del cerro, volveré a este punto para tratarlo con más detalle); un granito de hornblenda (del que trataré al hablar de la intrusión) y que según él existe en la ladera occidental y un basalto, una obsidiana y una diabasa que asociados, dice, forman una elevación que se encuentra al Norte.

Ahora bien, las rocas cálcicas más cercanas, aparecen aproximadamente a unos siete kilómetros al Norte.

Ordóñez incluye todas las rocas de Durango bajo el nombre genérico de riolitas, da pocas localidades y su estudio es demasiado general para poder someterlo a cualquiera crítica.

Una vez hecha la indicación de los trabajos de los autores que se han ocupado con más detalle de las rocas de las cercanías y de las que forman el Cerro de Mercado, iniciaré este estudio con el de aquellas que se encuentran en los alrededores más inmediatos al cerro; continuaré con el de los minerales que en éste se presentan y que han sido objeto de mucha especulación, y terminaré con el estudio de las rocas que lo constituyen.

Caracteres generales de las rocas.—Las rocas de los alrededores inmediatos a la ciudad de Durango son en su mayoría riolitas y tobas riolíticas que presentan distintos colores; varían del gris claro, casi blanco, al rojo, café o violáceo. El color rojo se debe en muchos casos a la presencia de óxidos de fierro diseminados en la masa.

Sus texturas son un tanto variadas: desde rocas afaníticas, que carecen completamente de elementos de primera consolidación, hasta rocas en que los fenocristales constituyen casi la mitad del ejemplar.

La mayor parte de estas rocas están en un estado más o menos avanzado de desvitrificación.

---

(1).—Einiges Über den Cerro de Mercado, Wurzburg 1879, p. 7.
(2).—Boletines 14, 15 y 16 Inst. Geol. de Méx.

En lo que se refiere a perfección, hábito, arreglo, tamaño absoluto, etc., de los cristales, me ocuparé de ello al hacer la descripción de cada una de las rocas.

Por sus caracteres macroscópicos estas rocas pueden dividirse en siete tipos:

a) Tobas de cristales { 1.—Porosas / 2.—Compactas
b) Tobas riolíticas brechoides.
c) Perlitas.
d) Riolitas de aspecto litoide.
e) Pórfidos cuarcíferos.
f) Riolitas muy porfiríticas, con mucha ortoclasa (aperlada).
g) Latitas (con cuarzo normativo abundante).

También hay otro tipo: el esferulítico pero no está bien representado ni en las inmediaciones ni en el cerro mismo.

Elevaciones en el valle.—El Cerro de Mercado se levanta bruscamente sobre una planicie formada por rocas sedimentarias recientes. Tomándolo como referencia, se encuentran en la planicie otros de poca altura como el del Santuario, Los Remedios y El Calvario, al Sur; Los Presos y Fray Diego, al Sureste y el de San Antonio y el de La Presa al Noreste. Al Poniente está el de Las Víboras que no tuve oportunidad de visitar. De la composición de cada uno de ellos me ocuparé en el orden en que los he ido enumerando, con excepción del Cerro de Mercado, del que trataré al último.

Canteras del Cerro del Santuario.—El cerro es bastante uniforme en composición; la muestra que en él se tomó, representa bien la clase de roca que lo constituye.

Se han desarrollado en ella dos sistemas de juntas, aproximadamente en ángulos rectos, que los canteros han sabido aprovechar para facilitar su explotación.

Las partes de la superficie están más o menos arredondadas, presentando el conjunto un aspecto **boludo.**

El ejemplar colectado pertenece al tipo de las **tobas de cristales** (1) compactas; su color es gris, con abundantes fenocristales de feldespato y cuarzo diseminado en la masa, a menudo angulosos y pocas veces arredondados o idiomórficos; su tamaño (promedio) es cerca de cinco milímetros. Al lado de estos fenocristales se encuentran pequeñas manchitas de óxidos de fierro que parecen haberse derivado de algún elemento ferromagnesiano.

Las pocas cavidades que presenta, se encuentran llenas de masas esponjosas que son mezcla de feldespatos (ortoclasa y plagioclasa.)

Caracteres microscópicos: En la lámina se ve que la roca tuvo en un tiempo materia amorfa que en la actualidad está desvitrificada; su índice de refracción es menor que el del bálsamo de Canadá. Entre esta materia se encuentran granos de forma irregular, de dimensiones muy variables.

Los fenocristales constituyen aproximadamente un 35% de la roca y los minerales representados por ellos son: cuarzo, ortoclasa (2V variable) y plagioclasa con zonas (promedio oligoclasa).

Cerro de Los Remedios.—El cerro está constituido por dos clases de rocas: las tobas que forman su base y una capa de riolitas de aspecto litoide que se encuentra en la cima.

Los caracteres macroscópicos que corresponden a las primeras son los siguientes: la roca es gris, casi blanca, muy porosa, aparentemente alterada y presenta algunos fenocristales de feldespato. En los poros se encuentran pequeños cristales idiomórficos de cuarzo.

En el microscopio aparece una masa microgranular, con fenocristales de cuarzo y feldespato corroídos y fragmentados. La composición de la masa es la misma, solamente que en gran parte el cuarzo es de origen secundario, como lo demuestra su presencia en las cavidades de las láminas.

---

(1).—L. V. Pirsson. Am. Journal Sci. XL, 1915, p. 191.

Al lado de los pequeños granos de minerales que forman la masa, se encuentra materia criptocristalina.

Como mineral accesorio aparece la magnetita y como secundarios, arcillas, cuarzo y óxidos de fierro.

La riolita litoide de la cima presenta manchones blancos que no son otra cosa sino alteraciones locales. El color general de la roca fresca es café violáceo con bandas grises, y presenta algunos fenocristales de feldespatos y óxidos de fierro.

La roca alterada es gris, dejando ver aún algunas bandas cafés; tiene algunos fenocristales de feldespato no alterados y cuarzo sobre una masa afanítica.

En el microscopio, la masa aparece alterada, tiene un índice de refracción menor que el bálsamo de Canadá; a veces es microgranular y a veces criptocristalina. Sobre esta masa aparecen manchones de arcillas, opacos a la luz transmitida y blancos a la luz incidente.

En la lámina aparecen cristales indiomórficos más o menos corroídos, de cuarzo con una que otra inclusión sólida.

Como constituyente accesorio se encuentra la magnetita y como secundarios las arcillas.

A los criaderos de estaño de este lugar, se alude en el capítulo referente a la morfología.

Cerro del Calvario.—Este cerrito, no obstante el tener una composición petrográfica muy sencilla, es bastante interesante por ser uno de los lugares en donde se obtienen los mejores ejemplares de litofisas, las que varían desde unos cuantos milímetros hasta unos cinco centímetros o más de diámetro. Están constituídas por capas concéntricas, delicadamente arregladas, que dejan espacios vacíos entre sí. Adheridos a las sucesivas capas se encuentran cristales idiomórficos de cuarzo y feldespato, en masas globulosas o plaquitas, y hematita en pequeñas láminas exagonales aisladas o formando masas esponjosas.

El origen de estas litofisas se puede explicar de acuerdo con Iddings, como una cristalización esferulítica intermitente, acompañada de la contracción del magma original, producida durante la formación de la fase cristalina. Es indiscutible que durante su formación también estuvieron presentes los gases, principalmente el vapor de agua contenido en el magma, puesto que así lo indica la presencia de algunos minerales por ejemplo, los feldespatos ácidos (ortoclasa y albita) y el cuarzo, los que no se han podido obtener artificialmente de simples fusiones ígneas, sino de fusiones ígneo-acuosas. (1).

También es interesante hacer notar en ellas la presencia de cristales de topacio, que alcanzan hasta cuatro milímetros de longitud. Estos cristales son transparentes, de color ligeramente violáceo, idiomórficos, los que están aislados en el interior de los litofisas, e hipidiomórficos los que están mezclados con cuarzo en el exterior.

Los planos constantemente presentes en los cristales idiomórficos son: el prisma unitario *m* (110) y el macropinacoide *a* (100). Entre los planos terminales se encuentra la pirámide unitaria *u* (111) rara vez modificada por *β* (011). El plano basal *c* (001) no fué encontrado entre los cristales que examiné.

Constantes ópticas del topacio.—Carácter óptico (+). Angulo axial: 2V medio.

Dispersión $\rho > \upsilon$ notable

$$\alpha = 1.603 \pm 0.003$$
$$\beta = 1.607 \pm 0.003$$
$$\gamma = 1.613 \pm 0.003$$

(1).—Fouqué y Lévy. Synthése des Minéraux et des Roches. París 1882.

Probablemente (1) hubo emanaciones gaseosas que contenían flour, y éstas influyeron en la formación del topacio.

La roca en que vienen las litofisas tienen los siguientes caracteres macroscópicos: su textura es granular, el tamaño de los granos varía constantemente, la masa está constituída por granos de ortoclasa y cuarzo con algunos fenocristales de estos minerales, oligoclasa y biotita que en parte está alterada y corroída.

Como accesorios se encontraron óxidos de fierro (magnetita y hematita) y cristales de topacio.

En la sección se ven bandas obscuras y claras, alternadas. Las obscuras están generalmente formadas por material criptocristalino y cristales muy pequeños y mal desarrollados; frecuentemente tienen un polvillo opaco, que en luz incidente tiene un color rojizo o blanco; probablemente arcillas teñidas por óxidos de fierro en el primer caso y libres de éstos en el segundo. Las bandas blancas, están formadas por cuarzo y ortoclasa con algo de material criptocristalino.

Canteras del cerro de los Presos.—Este cerro, como el del Santuario, está constituído por una sola clase de roca, en la que también se han desarrollado los dos sistemas de juntas en las mismas condiciones que en el anterior, facilitando así la acción del intemperismo, que produce al fin la forma boluda de las rocas, y que es más pronunciada aquí que en las canteras del Santuario.

El ejemplar examinado corresponde también al tipo de las tobas de cristales compactas, y tiene los siguientes caracteres macroscópicos: color gris, ligeramente más compacta que las rocas del cerro del Santuario, con masa afanítica, fenocristales de feldespato y cuarzo angulosos, pocas veces idiomórficos, que alcanzan excepcionalmente hasta un centímetro en la mayor de sus dimensiones, siendo éstas por lo general más pequeñas. Otro de los elementos que se distinguen a simple vista es un mineral ferromagnesiano alterado a óxidos de fierro.

En unas cavidades se encontraron masas esponjosas que consisten en una mezcla de feldespato, con escasos grupitos de placas de tridimita.

En el microscopio se ve que esta roca ha sufrido desvitrificación, encontrándose uno que otro fragmento en este estado, que recuerda la textura de las tobas vítricas. (2).

Su textura es porfirítica, los fenocristales son angulosos arredondados o idiomórficos y más o menos corroídos. Su masa es microgranular con material criptocristalino.

Los fenocristales forman aproximadamente un 40% de la roca.

Constituyentes fenocristalinos: Ortoclasa (2V variable), cuarzo y plagioclasa con zonas, algunos de estos son andesina o se aproximan a ella; pero las zonas exteriores son notablemente más sódicas.

Como constituyente accesorio se encuentra la magnetita y como secundarios, óxidos de fierro (que parecen haberse derivado de la biotita), y pequeñas cantidades de arcillas.

Cerro de Fray Diego.—Hacia el Norte se encuentra limitado por un pequeño acantilado cuya parte más alta está aproximadamente a unos 12 metros sobre la base del cerro, y hacia el Sur tiene una pendiente suave que va a morir en el valle.

Este cerro no tiene una composición tan simple como la de los anteriores, aunque las rocas que lo forman tienen los mismos caracteres litológicos, salvo dos de ellas que aparecen bajo la forma de pequeños diques y que describiré a su debido tiempo. Al lado de estos diques aparecen algunos fenómenos de silicificación, que se hacen notables por la presencia de infinidad de cuerpos arredondados que se aproximan a la forma esférica, formados por cuarzo y calcedonia mezclados. Como este es el único lugar en el cerro en donde aparecen estos cuerpecillos, es de presumir que su formación está ligada con la presencia de los diques.

Para aclarar estas peculiaridades, decidimos hacer un corte de Norte a Sur (o más exactamente N. 9° W.) pasando por el punto más elevado del cerro. Los resultados de este corte son los siguientes: comenzando en la extremidad Sur se encuentra una roca gris, compacta, muy porfirítica, con fenocristales generalmente angulosos o subangulosos. Entre los fenocristales de feldespato llaman la atención unos de ortoclasa hialina que tienen reflejos

(1).—F. W. Clarke. The Data of Geochemistry, 1920 p. 405.
(2).—L. V. Pirsson. Am. Journal Sci. XL. 1915 p. 194.

azulosos (piedra de luna) y otros de cuarzo incoloro con algunas inclusiones que parecen derivarse de la masa misma. Los fenocristales se encuentran empastados en una masa afanítica, siendo sus dimensiones variables; en promedio tendrán cinco milímetros aproximadamente.

Al microscopio, en luz natural, la sección presenta el aspecto tan conocido en las tobas de cristales que he descrito en páginas anteriores; pero aquí la masa, aun cuando se ha desvitrificado en parte, tiene infinidad de fragmentos amorfos que recuerdan la textura vitroclástica (Fig. 1.) En la misma masa se encuentran algunas cavidades pequeñas de sección circular cuyas paredes están tapizadas por cristales de tridimita y llenas además por cuarzo en disposición radial. Algunas son irregulares, encontrándose en ellas, esferulitas mal desarrolladas, formadas por ortoclasa, cuarzo y plaquitas exagonales de tridimita.

Vistas con luz polarizada cambia el aspecto de la masa ofreciendo una textura microgranular con material criptocristalino (Fig. 2). Los granos de la masa están muy mal definidos y sólo en muy pocos se pudieron determinar las constantes ópticas, que correspondieron a las del cuarzo y a las de la ortoclasa respectivamente. El material criptocristalino, mezclado probablemente con algo de vidrio, tiene un índice de refracción notablemente más bajo que el del bálsamo del Canadá.

Los fenocristales de cuarzo, ortoclasa y oligoclasa (con zonas), expresados en el orden de su abundancia, están muy fragmentados en su mayoría o bien corroídos y forman aproximadamente un 30% de la roca.

Entre los minerales secundarios se encuentran óxidos de fierro y arcillas.

Las demás rocas son muy semejantes en todos sus caracteres; las únicas diferencias que se encontraron fueron en los minerales accesorios, pues en una se encontró zircón y en otra un cristal de apatita con inclusiones arregladas zonalmente.

Al norte de las tobas se encuentran dos diques separados el uno del otro por una toba muy silicificada.

Los dos diques llevan aproximadamente el mismo rumbo (convergen hacia el Mercado) y son muy semejantes en sus caracteres macroscópicos: aparecen como una roca compacta, vítrea, de lustre graso, de color verde azuloso (a veces rojizo localmente), con bandas cafés toscamene paralelas a la dirección del dique, y cristales aislados de feldespato de suficiente tamaño, para poderse distinguir a simple vista.

La sección delgada de la roca vista al microscopio, en luz natural, ofrece una textura perlítica, mejor desarrollada en el dique que está más al norte (Figs. 3, 4 y 5) con fenocristales de plagioclasa cálcica, que frecuentemente cambia de composición y zonas más o menos bien definidas, que en algunos lugares están toscamente orientados.

Al lado de estos fenocristales se encuentran otros de hedebergita-diopsída, alterados en la periferia (Fig. 5.) y que en ocasiones presentan inclusiones de magnetita.

La presencia de esta piroxena tiene cierta importancia, puesto que es la misma que se encuentra como un constituyente esencial en la intrusión del Cerro de Mercado, y en cambio no se encuentra en ninguna otra roca de los alrededores.

La masa es amorfa, su índice de refracción es notablemente más bajo que el del bálsamo del Canadá.

Siendo relativamente escasos los elementos cristalizados, era casi imposible hacer una clasificación acertada, razón por la cual se envió al Laboratorio Químico de este Instituto para su análisis. Los resultados del análisis químico así como el lugar que ocupa en la clasificación cuantitativa (1), son los siguientes:

SiO_2	66.89
Al_2O_3	16.29
Fe_2O_3	5.92
Fe O	0.97
Mg O	0.36

(1).—The Cuantitative Classification of Igneous Rocks, Cross, Iddings, Pirsson & Washington, 1903. p. 187-209.

Ca 0	3.23
Mn 0	0.18
$Na_2 0$	0.31
$K_2 0$	1.29
$Ti 0_2$	0.61
$H_2 0+$	3.46
$H_2 0-$	0.48
Suma	99.99

Dada la composición mineralógica (normativa); esta roca se clasifica como: clase I, Persalano; sub-clase, I persalono; orden 2, Belgare; rango, Docálcico; sub-rango, Prepotásico; Durangose.

Como este análisis no tiene representantes entre los publicados por los autores de la Clasificación Cuantitativa (1), me he permitido llamarle Durangose.

Por el análisis químico se ve que esta roca es rica en algunos elementos que no existen en abundancia en las rocas adyacentes, así como pobre en otros que son muy comunes en las rocas de esta región (los álcalis) como lo demuestra el siguiente análisis:

$Si 0_2$	74.57 %
$Al_2 0_3$	14.83 ,,
$Fe_2 0_3$	2.23 ,,
Fe 0	0.36 ,,
Mg 0	0.32 ,,
Mn 0	0.19 ,,
Ca 0	0 60 ,,
$Na_2 0$	1.26 ,,
$K_2 0$	4.33 ,,
$Ti 0_2$	0.29 ,,
$H_2 0+$	0.52 ,,
$H_2 0-$	0.38 ,,
Suma	99.88

Probablemente éstos diques tomaron su origen del mismo magma cálcico, pero diferenciado de la intrusión del Cerro de Mercado.

La roca que está al norte de los diques, es una roca muy porosa, cuyos fenocristales han sido disueltos, dejando muchos vacíos.

Los caracteres de la masa corresponden a los de las tobas ya descritas de este cerro, con excepción de la textura vitroclástica que es menos clara.

En el microscopio se ve que la masa está muy alterada, formada principalmente de arcillas y se halla en parte recristalizada, manifestando algunas esferulitas que no llegan a individualizarse.

Por las descripciones de las tobas encontradas en los cerros del Santuario, Los Presos y Fray Diego, se ve claramente que estas rocas tuvieron un mismo origen (2), habiéndose modificado posteriormente más o menos, debido a las condiciones que obraron sobre ellas y sin que estas modificaciones lograran alterar completamente su semejanza; con excepción de

(1).—Igneous Rocks; Iddings 1909 Vol. I. p. 424. John Wiley & Son.
(2).—Las tobas de Los Remedios están demasiado alteradas para poder compararlas con las de estas localidades.

aquellas que están cerca del contacto con los diques y que sufrieron una alteración parcial por las soluciones y la temperatura.

Cerro de San Antonio.—Está constituido por latitas que en lo general se presentan bastante alteradas por el intemperismo, cuya acción ha sido muy efectiva, dada la estructura laminar de la roca (placas). Las láminas se encuentran más o menos separadas y dan libre acceso a los diferentes agentes atmosféricos; razón por la que las latitas, se encuentran muy alteradas aún a cierta profundidad, lo que hace casi imposible obtener un ejemplar aceptable para su descripción petrográfica.

Como los caracteres litológicos de las rocas cambian constantemente, se tomaron tres ejemplares que, macroscópicamente, presentan diferencias; se estudiaron macro y microscópicamente y se obtuvieron los siguientes resultados:

Macroscópicamente, presentan un color rosa o rojizo; la masa se encuentra alterada; manifiesta fenocristales de feldespato que en algunos casos están perfectamente bien conservados; granos de cuarzo, que en ocasiones alcanzan hasta cinco milímetros y manchas de óxidos de fierro, que parecen haberse derivado de algún ferromagnesiano.

En el microscopio aparece una textura porfirítica, con masa micropoikilítica, siendo, frecuentemente, los cristales incluídos en los de mayor tamaño, tan pequeños, que apenas si reaccionan en la luz polarizada.

Como elementos fenocristalinos se encuentran la oligoclasa (este es un promedio para la composición de la plagioclasa, pues las zonas son frecuentes) la ortoclasa y algunos granos de cuarzo arredondados o corroídos.

En la masa micropoikilítica no se encontraron cristales de sufiente tamaño para poder determinar sus constantes ópticas. El promedio para el índice de refracción de la masa es menor que el del bálsamo del Canadá y poco más alto que el de la ortoclasa; probablemente es una mezcla de cuarzo y ortoclasa.

Como accesorios se encontraron unas agujitas de apatita, y como secundarios, óxidos de fierro y arcillas.

La composición mineralógica de los tres ejemplares tomados de diferentes partes del cerro es muy semejante; asímismo lo es en la textura, salvo la de la roca colectada por el señor Director y marcada con la letra ρ que es ligeramente más gruesa. (1)

Estas latitas son un poco más sódicas que las que se han venido estudiando. Por su composición tienen alguna semejanza con algunas del Cerro de Mercado, pero su textura es diferente, quizá debido a una recristalización de la roca.

Cerro de Mercado.—La composición litológica del cerro es un tanto compleja; las rocas cambian constantemente de aspecto y sufren modificaciones que obscurecen sus relaciones, razón por la que ha estado sujeto a interpretaciones muy diversas, y algunas veces torcidas, por las personas que lo han estudiado.

La idea de que el criadero es de contacto ígneo-sedimentario debe desecharse, entre otras razones, porque no se encontraron ni siquiera rastros de sedimentos consolidados frescos o metamorfoseados.

El estudio de los diversos materiales que forman el Mercado, lo dividiré en cuatro partes:

a) Rocas que forman la cubierta del cerro.

b) Minerales del cerro.

c) Oxidos de fierro.

d) La intrusión y modificación de las rocas adyacentes.

---

(1).—Esta muestra no se tomó de las láminas o placas típicas del C. San Antonio, sino de los fragmentos encontrados entre dichas láminas.

La cubierta latítica que se encuentra en la ladera poniente, está formada por rocas porfiríticas de color rosado, rojo o café rojizo, según la cantidad y estado de oxidación del fierro y están caracterizadas por la ausencia de fenocristales de cuarzo.

La masa es afanítica, compacta; su color varía entre el gris casi blanco, o ligeramente rosa, al rojo. Presenta fenocristales de feldespato más o menos descompuestos que en algunos lugares se encuentran parcialmente substituídos por granos de piroxena, la que se encuentra diseminada en la masa bajo la forma de granos irregulares, o a veces formando venillas. Los ejemplares que presentan fracturas, tienen sus planos de separación tapizados con la misma piroxena. De estos hechos se deduce que la piroxena no es un constituyente primario de la roca, sino posterior a la consolidación de la misma.

En el microscopio presenta una textura porfirítica con masa micro o criptocristalina.

Entre las rocas que tienen estos mismos caracteres se distinguen dos clases: unas, en que predomina el feldespato potásico sobre las plagioclasas y otras en que sucede lo contrario.

En las rocas ricas en plagioclasa se nota que las zonas son muy frecuentes, tienen extinciones muy imperfectas y sin límites de demarcación precisos ,pues el cambio de composición entre dos zonas consecutivas es casi imperceptible, por cuya razón las zonas no son visibles en luz natural y sólo se hacen notables al cruzar los nícoles. Tomando un promedio para la composición de la plagioclasa, se puede decir, de una manera aproximada, que se trata de una oligoclasa cálcica.

En la masa se ven pequeños granos de ortoclasa y plagioclasa. Muy pocas veces tuve la oportunidad de identificar el cuarzo, puesto que su índice de refracción se aproxima mucho al de la plagioclasa y los granos son demasiado pequeños para poder estudiar sus constantes ópticas.

Como mineral accesorio se encuentra la magnetita titanífera y como secundarios titanita, arcillas y algo de cuarzo.

El siguiente análisis corresponde a la roca anteriormente descrita:

SiO_2	68.20
Al_2O_3	19.19
Fe_2O_3	4.92
FeO	0.38
MgO	0.31
MnO	0.21
CaO	1.86
Na_2O	0.61
K_2O	2.52
TiO_2	1.10
H_2O+	0.44
H_2O-	0.20
Suma	99.94

El siguiente análisis es de otra roca que macroscópicamente se parece a la anterior pero es más rica en potasa:

SiO_2	65.32%
Al_2O_3	16.89 ,,
Fe_2O_3	2.68 ,,
FeO	0.36 ,,

Mg 0	0.84%
Mn 0	0.21 ,,
Ca 0	1.66 ,,
$Na_2 0$	1.56 ,,
$K_2 0$	4.23 ,,
$Ti0_2$	1.27 ,,
$H_2 0+$	3.07 ,,
$H_2 0-$	1.72 ,,
Suma	99.81

Caminando hacia el Oriente, por el lado norte del cerro, encontramos tobas y brechas riolíticas que ocupan una extensión mayor hacia el oriente que hacia el poniente. Estas rocas se pueden considerar características de la región norte del cerro.

Su textura y color varían constantemente, pero en lo general se puede decir que las que tienen el color rojo son las que predominan, encontrándose sin embargo, tobas y brechas de color gris o violeta.

Con frecuencia aparecen fenómenos locales de silicificación que se manifiestan por la presencia de calcedonia y cuarzo en mayor o menor abundancia y por la silicificación de las rocas que en ocasiones, han perdido completamente su semejanza con la roca original (caso que se presenta en la parte inferior del C. Largo), sufriendo la masa la decoloración y alteración de sus feldespatos. Evidentemente esta región ha sido penetrada por aguas circulantes que produjeron estos fenómenos de una manera tan efectiva que algunas rocas están totalmente silicificadas.

Paso a hacer las descripción de dos rocas de estos tipos, una de ellas bastante bien conservada, la otra totalmente silicificada.

La primera, es una toba riolítica brechoide, de color gris rojizo, con fenocristales de cuarzo y feldespato alterado en una masa afanítica que contiene xenolitos angulosos que varían desde un milímetro en su mayor dimensión, hasta más de un centímetro, siendo estos últimos los menos abundantes; pero hay otras rocas en esta misma región, en que los fragmentos de estas dimensiones no son raros y aún llegan a alcanzar otras mayores.

Su textura en el microscopio es porfirítica, su masa es criptocristalina, los fenocristales representan individuos de feldespato caolinizados y cristales primarios de cuarzo.

De la composición mineralógica de la masa no se puede decir casi nada, porque la identificación de sus constituyentes fué casi imposible, por dos causas: primera, porque los productos secundarios (arcillas y óxidos de fierro) son tan numerosos que cubren la mayor parte de la masa, y segunda, por el tamaño tan pequeño de los cristales. En algunos lugares donde las arcillas no eran tan abundantes, se encontró que el índice de refracción de la masa era menor que el del bálsamo del Canadá; lo que hace suponer que, probablemente se trate de un agregado de cuarzo y ortoclasa.

La toba silicificada se presenta como una roca de masa afanítica, compacta, de color rojo, con manchas y venillas blancas.

En el microscopio se ve que la masa es criptocristalina en su mayor parte, con uno que otro manchoncito donde su textura es microcristalina.

Parece haber habido en ella fenocristales de feldespato, pero actualmente se encuentran completamente alterados dejando en su lugar arcillas o agregados de cuarzo.

Sobre esta masa se encontraron dos o tres cristales cuyas constantes ópticas corresponden a las del corundo, y otros más pequeños a la vez que más abundantes, cuyo índice de refracción es menor que el del bálsamo. Birrefrigencia baja. Su carácter óptico no fué posible determinarlo por la pequeñez de los granos de mineral; pero, a juzgar por sus propiedades, parece ser una ortoclasa, al lado de la que se encuentra el cuarzo en abundancia.

Las arcillas y los óxidos de fierro también están presentes. En algunos lugares se encuentran espacios claros con formas de lunas o con otras semejantes a las de las rocas de origen piroclástico.

La presencia de estos materiales de aspecto fragmentario, da idea, pero no prueba de una manera definitiva, que se trate de una toba desvitrificada y silicificada posteriormente.

Arriba (topográficamente) de las tobas, en el puertecito del Picacho de la Cruz, aparece un manchón de pórfido cuarcífero.

Este pórfido aflora en el cerro en dos lugares solamente (según se puede ver en el croquis geológico que acompaña a este trabajo) pero también se encuentra cubierto por las latitas ya descritas en otro lugar, a veces fresco, sin alteraciones de ningún género, otras impregnado por la piroxena, o bien silicificado totalmente como sucede al llegar un poco más al oriente.

Esta roca, cuando está fresca, es ligeramente rosada, de masa afanítica; en los lugares donde se presentan grietas, sus paredes están tapizadas en parte por la piroxena e impregnan la roca a uno y otro lado de la grieta.

Los fenocristales de feldespato y cuarzo forman aproximadamente una tercera parte de la roca.

Examinando una sección delgada de la misma se ve una textura profirítica con masa cripto o microcristalina.

Entre los constituyentes fenocristalinos se encuentran la ortoclasa, probablemente rica en soda y cristales de cuarzo, el cual a veces es idiomórfico.

La masa, a juzgar por el índice de refración, parece que consiste en una mezcla de ortoclasa y cuarzo que en parte se encuentran cubiertos por productos de descomposición (arcillas y óxidos de fierro.)

Las láminas de las rocas que han sufrido la impregnación con más energía, presentan en su masa granos irregulares de piroxena, diseminados irregularmente o bien siguiendo algunas grietas en forma de venillas; pero cuando se trata del ejemplar fresco, éste se encuentra completamente libre de elementos ferro-magnesianos.

De estas observaciones se deduce que la piroxena presente, no cristalizó del magma de la roca, sino que su formación ha sido posterior a la consolidación de la misma, debida probablemente a una impregnación por sublimación, causada por la cercanía con la roca intrusiva, puesto que, como se verá adelante al estudiar las rocas que se encontraron en los distintos trabajos de explotación efectuados, este pórfido en todas partes parece estar en contacto con la intrusión.

Al oriente de las brechas aparece otra vez la misma roca del poniente, con sus mismas características, razón por la que no es difícil relacionarla, pues este parecido se manifiesta hasta macroscópicamente.

Esta latita se pierde en el Valle debajo de una capa de conglomerado ferruginoso que se extiende sobre las tobas con rumbo al oriente.

Volviendo al S. W. del cerro, encontramos primero una capa gruesa de conglomerado ferruginoso, no consolidado, que yace al pié de los crestones y se extiende por corta distancia en dirección al S. W.; al oriente, se encuentra otra vez la misma roca del N. W. más o menos alterada cerca de los crestones, consistiendo esta alteración principalmente en la caolinización de los feldespatos y la impregnación por los óxidos de fierro. La silicificación es menos frecuente; pero en algunos lugares es bastante intensa.

A medida que se camina al oriente, va desapareciendo la intensa impregnación producida por la cercanía con los óxidos de fierro; la latita toma su propio color y aparece mejor conservada que la del poniente o completamente fresca; pero aún a esta distancia, se encuentran fenómenos locales de silicificación que modifican en parte el carácter de la roca.

Al sur de esta latita se encuentra una fajilla de conglomerado ferruginoso que se desprende del crestón que se encuentra al sur y termina a unos setecientos metros al oriente de este lugar.

Al oriente del cerro y separado por unos trescientos metros de formaciones recientes se encuentra el C. de la Mina, que está formado por riolitas del tipo **f**, es decir, riolitas porfiríticas con abundantes cristales de soda-ortoclasa (aperlada).

La composición del cerro es uniforme y la roca no sufre cambios de importancia; el único cambio que se hace notable es el del color, según el grado mayor o menor de oxidación del fierro. También se presentan ligeras alteraciones debidas al intemperismo de la roca, las

cuales se hacen más notables en la masa de ésta que en los elementos fenocristalinos, como se verá al hacer la descripción macro y microscópica.

Macroscópicamente aparece como una roca porfirítica en la que los elementos fenocristalinos ocupan aproximadamente una cuarta parte del volúmen del ejemplar, su tamaño es variable, pero el promedio para los cristales de feldespato, es de tres milímetros mientras que para los de cuarzo, es de unos cinco.

Los constituyentes fenocristalinos son feldespato y cuarzo; el último en una proporción ligeramente menor que el feldespato.

El feldespato tiene un lustre aperlado que causa la impresión de una mica, y es mayor su parecido con estos minerales, porque sus cruceros se han desarrollado a un extremo tal (probablemente a consecuencia de los cambios de temperatura) que lo hacen micáceo y sólo un atento examen es el que revela su verdadera naturaleza.

El lustre aperlado del feldespato, probablemente obedece, en parte, a la separación (consecuencia del crucero) de dos laminitas adyacentes; pero también interviene otra causa, de la que hablaré al hacer el estudio microscópico.

La masa es afanítica, compacta, de color rosa o rojizo y presenta en las superficies expuestas a la intemperie, vacíos con formas geométricas regulares, debidas a la completa solución de los elementos cristalinos; de éstos el más afectado ha sido el feldespato, en tanto que el cuarzo ha sufrido poco o nada, como se ve por el estado de las aristas y de las caras de algunos cristales idiomórficos, que son líneas rectas o verdaderos planos y no líneas o superficies curvas.

La observación microscópica dió los siguientes resultados: la masa en lo general se encuentra muy alterada, tiene una espesa capa de arcillas que la hacen opaca; sobre ella se encuentran infinidad de cristales fragmentados, en su gran mayoría, angulosos o arredondados. El carácter fragmentado de estos cristales puede deberse a dos causas: 1o. La viscosidad del magma dió lugar a explosiones frecuentes, desquebrajando en esta forma los cristales ya formados y los de las rocas vecinas. 2a. Los cristales ya formados pueden haber sufrido una fuerte redisolución a consecuencia de un cambio sufrido en las condiciones físicas o físico-químicas del magma, mientras se encontraba en el estado líquido. Esta teoría se encuentra aún más robustecida por la presencia de algunos fenocristales con profundas bahías en las que ha penetrado el magma que tiene caracteres idénticos con el resto de la masa. (Fig. 6)

La masa en que se encuentran empastados los fenocristales, presenta en algunos lugares, donde las arcillas no son tan abundantes, un índice de refracción menor que el del bálsamo del Canadá y una textura fluidal cuyas líneas de escurrimiento se desvían al encontrar algún cristal, rodeándolo para después seguir su curso en la dirección primitiva.

Esto es otra prueba de que se trata de una roca que solidificó de un magma líquido, y no, como pudiera considerarse, producto de la consolidación de materiales fragmentados eyectados en esta última condición.

Los constituyentes de la roca que aparecen en la sección son: cuarzo, soda-ortoclasa, frecuentemente corroída, como se hizo notar antes, con inclusiones opacas, tal vez aire y partículas sólidas alineadas paralelamente, siguiendo ciertas direcciones.

Es tan fina la gemelación característica de la soda-ortoclasa, que los gemelos llegan a hacerse submicroscópicos y los cristales dan extinciones muy imperfectas presentándo el fenómeno conocido por los norteamericanos con el nombre de "blending".

Esta roca recuerda mucho el pórfido cuarcífero que encontramos en el puertecito del Picacho de la Cruz, sólo que presenta ciertas modificaciones, probablemente debidas a las condiciones especiales de solidificación.

Al oriente de este cerro no se encuentra otra cosa que depósitos recientes hasta llegar a las mesas formadas por los basaltos.

* * *

MINERALES.—Los minerales que se encontraron asociados a las rocas del Cerro de Mercado, son los siguientes:

Cuarzo prismático idiomórfico o alotriomorfo, la mayor parte de las veces incoloro o en raras ocasiones ligeramente violáceo; la calcedonia, ópalo y la hialita se encuentran formando masas, costras o cuerpos arredondados en diferentes partes del cerro; la apatita es muy abundante, y se encuentra en los óxidos de fierro o en grietas formadas en las rocas adyacentes al cuerpo intrusivo, bajo la forma de venillas.

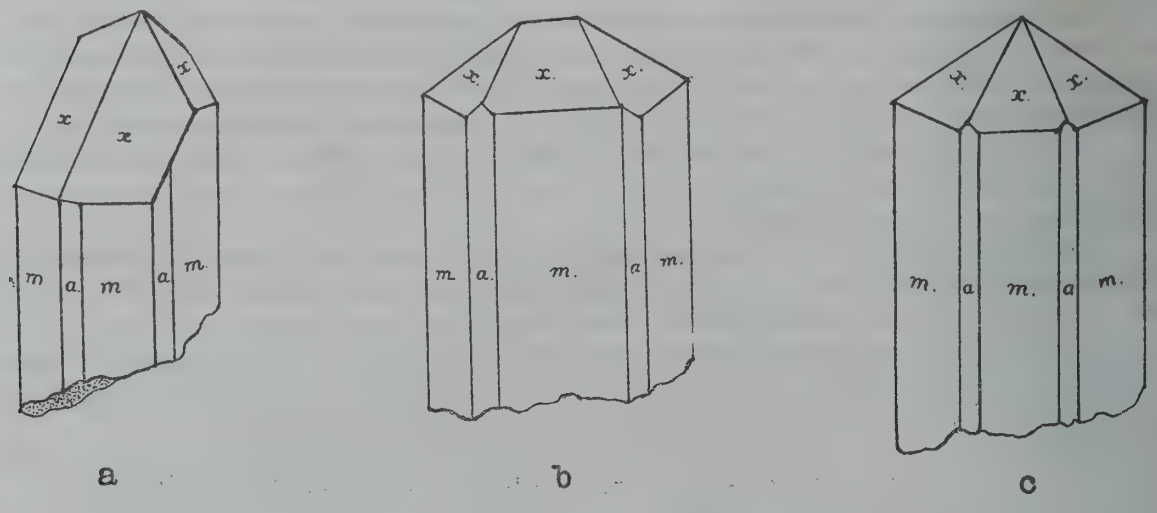
El tamaño de los cristales es muy variable, desde una fracción de milímetro, como sucede en la "Cueva de los Biriles" donde se encuentra entre los óxidos de fierro pulverulentos en forma de vetillas blancas de aspecto cristalino, que alternan con bandas de apatita de color rojo, debido a las muchas inclusiones ferruginosas que contiene, hasta cristales de varios centímetros, terminados en una de sus extremidades por la pirámide unitaria.

Los caracteres de los cristales de apatita son los siguientes: la mayor parte son completamente transparentes, de color amarillo de miel o de vino, a veces presentan inclusiones de óxidos de fierro y otras están cubiertos por una delgada capa de éstos.

Calentándolos en lámpara de alcohol por espacio de 30 o 40 minutos, cambian de color, haciéndose más obscuros, pero, a medida que se van enfriando el color desaparece hasta quedar completamente incoloros. Si el calentamiento es brusco, se desarrollan planos de crucero que son paralelos a *m*.

Durante el calentamiento se vuelven fosforescentes; emiten una luz blanca azulosa, débil, que va desapareciendo a medida que el cristal se enfría.

En cuanto al hábito, se observa lo siguiente: los cristales se encuentran agrupados o aislados y el desarrollo de sus caras es más imperfecto a medida que su tamaño aumenta. Las formas más notables y aquellas que se encontraron con más frecuencia son: el prisma-unitario *m* $(10\bar{1}0)$ y la pirámide unitaria *x* $(10\bar{1}1)$ que tiene sus caras tan desigualmente desarrolladas que en ocasiones hacen desaparecer o impiden el completo desarrollo de dos de ellas. Las figuras a, b, c, representan las modificaciones más comunes sufridas por el excesivo desarrollo de algunas caras, y por la asociación de otras formas y la de un cristal, cuyas caras piramidales están normalmente desarrolladas. En todos los cristales examinados siempre se encontró al prisma diagonal *a* $(11\bar{2}0)$ o secundario, modificando al unitario.



La principal impureza que se encuentra en los cristales de apatita es el Fe_2O_3, ya en la forma de hematita, o disuelto bajo la forma de algún compuesto que les da el color a los cristales libres de inclusiones.

El siguiente análisis químico dará una idea más clara de la pureza del mineral:

SiO_2	0.77%
Fe_2O_3	0.99 ,,

Mg 0	0.35%
Ca 0	53.01 ,,
$P_2 0_5$	44.36 ,,
Cl	0.39 ,,
$H_2 0+$	0.44 ,,
$H_2 0-$	0.19 ,,
Suma	100.50

Los ejemplares de apatita más puros que se han encontrado, vienen en bolsas y cubiertos por un mineral que parece serpentina, por lo general se presenta semejante a la variedad de asbesto llamada "cuero de montaña". Dicho mineral es de color blanco o ligeramente verde, con lustre aperlado, y fácilmente separable en láminas, compuestas por infinidad de fibras flexibles.

No fué posible determinar sus constantes ópticas porque las fibras no están orientadas y son demasiado finas, hasta el grado de hacer imposible su separación.

El siguiente análisis es de una de las porciones que puede considerarse como la más pura, sin embargo de las impurezas apreciables a simple vista que contiene, como óxidos de fierro y algo de cuarzo.

$Si 0_2$	52.00%
$Al_2 0_3$	5.35 ,,
$Fe_2 0_3$	0.35 ,,
Fe 0	1.26 ,,
Mg 0	15.48 ,,
Mn 0	0.16 ,,
Ca 0	2.88 ,,
$Na_2 0$	1.90 ,,
$K_2 0$	1.28 ,,
$H_2 0+$	16.94 ,,
$H_2 0-$	2.08 ,,
	99.68

Es digno de hacer notar que no obstante que se buscó $P_2 0_5$ no se encontraron ni huellas. Esta serpentina probablemente tuvo su origen en la piroxenita por la acción de los fenómenos neumatolíticos que deben haberse efectuado después que los vapores $P_2 0_5$ desaparecieron.

El topacio no existe en el Cerro de Mercado y tal parece que el que algunos autores han descrito como de esta procedencia es de otros lugares y no del mismo cerro. Esta opinión está corroborada por un carta que dirigió el señor Ing. Rangel al Director de este Instituto, en la que, en uno de sus párrafos dice textualmente: "En cuanto al topacio, te diré que no he encontrado nunca en el Cerro de Mercado; que cuando escribí mi informe (1) me regalaron muestras de topacio, v. Picnita diciéndome que eran de ese lugar, pero después me he convencido que tales muestras eran de Coneto".

La fenacita descrita por Chrustschoff no fué encontrada ni como constituyente de los pórfidos, ni tampoco como cristales sueltos en los materiales desagregados. Este autor da también un análisis químico del mineral que según Cohen (2), juzgando por algunas pecu-

(1).—Boletín 16, Inst. Geol. de Méx. 1902. p. 7.
(2).—Zs. Kryst. Vol. 3, p. 633.

liaridades de éste, arrojan dudas no sólo en el análisis mismo, sino también en su relación acerca de las condiciones de yacimiento.

La hedenbergita-diopsida que es un constituyente esencial de la piroxenita es otro mineral que es digno de mencionarse, puesto que es bastante abundante.

Generalmente se presenta como prismas alargados en la dirección del eje *c*, de color verde gris o verde obscuro. No encontré cristales idiomórficos que permitieran estudiar sus formas, aunque en algunos cristales sí fué fácil distinguir las caras prismáticas.

Sus constantes ópticas son un poco variables según que el mineral sea más o menos rico en la molécula de hedenbergita.

El siguiente análisis puede dar mejor idea de la composición del mineral aunque no fué posible privarlo completamente de óxido de fierro (principalmente hematita que se ha formado por alteración de la magnetita) que se encontraba aprisionada en los cristales de piroxena:

SiO_2	46.33
Fe_2O_3	11.45
FeO	6.64
TiO_2	1.35
MnO	0.18
CaO	24.93
MgO	8.34
Suma	99.20

MINERALES DE FIERRO.—Antes de entrar en detalles sobre la composición y relaciones de los óxidos de fierro, creo muy conveniente hacer un resumen breve de lo que algunos autores han dicho acerca de estos minerales.

Weidner (1) y Chrustschoff (2) dicen haber encontrado la magnetita en mayor abundancia que la hematita; ninguno de estos autores menciona la martita, la que sin duda fué tomada por magnetita. Weidner agrega que la magnetita se encuentra en agrupamientos de octaedros que con frecuencia presentan gemelación y están modificados por el exaedro y dodecaedro rómbico.

Cohen (3) refiriéndose a los análisis de la magnetita publicados por Chrustschoff, hace notar la ausencia de fierro al estado ferroso.

La martita del Cerro de Mercado fué descrita por primera vez por Silliman (4).

Rangel (5) describe diferentes variedades de la hematita: masas compactas marcadas por grietas de contracción, hematita especular que se encuentra en venillas "sea en el mismo seno de la hematita compacta o, como sucede más generalmente, encajonadas en la riolita como se ve en el Norte del Cerro"; hematita micácea y por último la hematita arcillosa (ocre rojo).

Refiriéndose a la presencia de la martita, después de haber hecho notar que se encuentra en la forma de octaedros en las caras de separación, de los óxidos de fierro, dice: "La martita, como decíamos, está en grandes cristales octaédricos encajados en los grandes blocks de hematita y casi nunca se encuentran aislados, razón por la que desechamos la opinión de que sean los resultados de la transformación de la magnetita en hematita; mejor pudiera considerarse este hecho como una nueva prueba del dimorfismo del óxido de fierro", y más

(1).—Weidner F. G. Informe científico sobre el C. de Mercado de Dgo., 1858, págs. 63-71.
(2).—Einiges über den Cerro de Mercado, Würtzburg 1879, p. 44-50.
(3).—Zs. Kryst. Vol. 3, p. 632.
(4).—Am. Jour. Sci. 1882; Vol. 24, p. 375.
(5).—Inst. Geol. de Méx. 1902; Vol. 16, p. 6.

adelante continúa diciendo: "La magnetita propiamente dicha, es decir, la especie mineral pura, no se encuentra en ninguna parte del yacimiento....".

Por último, Farrington (1) dice haber encontrado únicamente la martita como mineral de fierro además de los otros minerales ya descritos. Este mismo autor refiriéndose a la presencia de la magnetita en el cerro dice textualmente: "El autor no encontró magnetita típica en la montaña, aunque un polvo negro que se encuentra en el lado Norte demostró ser ligeramente magnético. Aún más, no se notó ninguna deflexión en la brújula, en ninguna parte del cerro.

Durante mi corta visita al cerro, encontré los siguientes minerales de fierro: hematita, martita y magnetita; la presencia de ésta es indicada por fuertes desviaciones que sufre la brújula; de la descripción y modo de yacimiento de cada uno de ellos me ocuparé en las siguientes líneas.

"Hematita".—Fueron identificadas todas las variedades descritas por el señor Rangel, pero sólo describiré las más importantes, por su abundancia o por sus caracteres.

La "hematita especular" se encuentra en agregados de hermosos romboedros, cuyo lustre metálico, o en ocasiones esplendente, sólo se manifiesta en algunos puntos, debido a que sus caras se encuentran cubiertas por una delgada capa de óxidos hidratados, y pocos son los espacios libres de alteración. Son gruesos, tabulares paralelamente a *c*; sus dimensiones son variables y llegan a alcanzar hasta dos centímetros. Las formas siempre presentes son los romboedros (+ y —), y *c* (0001).

Los crecimientos simultáneos y paralelos son frecuentes; también lo son los gemelos, siendo más comunes los de penetración, cuyo plano de gemelación es la cara *c*. Además de éstos se encuentran otros que tienen como plano de composición una cara perpendicular a *c*.

La "martita" se presenta en cristales octaédricos encajados en las masas de hematita o bien aislados. Su tamaño es variable, llegando a alcanzar hasta poco más de un centímetro.

Uno de los ejemplares más bonitos, fué colectado por el Ing. Manuel Santillán (Fig. 7) en el socavón núm. 1. Es una geoda tomada de un macizo de hematita cuyo interior se encuentra formado por martita cristalizada y cristales prismáticos de apatita cuya época de cristalización es posterior a la del fierro, según lo demuestran las modificaciones de los cristales y las inclusiones de óxidos que contienen.

Los cristales de martita tienen a su vez sus caras cubiertas por pequeñísimos octaedros del mismo mineral, que rara vez se encontraron modificados y cuando así fué, lo estaban por el cubo.

En la Cueva de la Marmaja se encuentran octaedros de martita, mezclados con hematita, cuarzo, apatita y un polvo negro magnético, probablemente magnetita.

Contra la idea de algunos autores de que la martita es una prueba del dimorfismo del Fe_2O_3 existen los siguientes datos: pulverizando uno de los cristales de martita (no magnéticos) más puros y que se encuentran en apariencia libres de alteraciones, y examinando su polvo en el microscopio, se nota que los fragmentos delgados son transparentes y dejan pasar la luz roja; al cruzar los nícoles se obtienen colores de interferencia muy semejantes a los que da la hematita, lo cual está en contra del comportamiento que observa la luz en los cristales de la clase normal del sistema isométrico. Aún hay que agregar otro dato más al anterior, y es que algunos ejemplares, muy puros en apariencia, como uno traído del Picacho de la Cruz, por el señor Director, presentaba propiedades magnéticas muy marcadas. De este ejemplar se separó un grupo de cristales homogéneos aparentemente, y sin embargo, cuando una sección pulida de estos octaedros se examinó en la luz incidente con un objetivo de regular aumento, aparecieron inclusiones de contornos irregulares y de color rojo cereza (Farrington dice haber observado algunas de contornos regulares) que dan idea de ser óxidos de fierro secundarios. El análisis químico de la parte más pura del ejemplar dió los siguientes resultados:

SiO_2	2.29
Fe_2O_3	78.53

(1).—Field. Columbian Museum. 1904. Vol. II. núm. 5, págs. 211-215.

FeO	12.74
Al_2O_3	nada
CaO	2.40
MgO	0.65
MnO	nada
TiO_2	huellas
P_2O_5	1.78
S	huellas
CO_2	nada
H_2O	nada
N.D.	1.79
Suma	100.00

No es posible decir exactamente cuáles son los minerales que se encuentran en la masa de los óxidos; pero se puede proponer la siguiente composición, calculada del análisis químico, como bastante razonable, para los cristales de martita:

Hematita	50.08
Magnetita	41.06
Apatita	4.37
Diopsida	2.32
Cuarzo	1.08
Suma	98.91

o sea que la magnetita se encuentra en una proporción un poco menor que el 50 %.

En la tabla adjunta se puede ver que casi todos los fierros contienen algo de FeO, mientras que el azufre se encuentra en cantidades muy pequeñas para poder satisfacer las necesidades del FeO y formar pirita.

ANALISIS DE MINERALES DE FIERRO

	A	B	C	D	E	F	G
SiO_2	N.D	5.20	6.64	2.29	2.76	17.08	32.18
Fe_2O_3	91.05	89.02	86.90	78.35	76.75	54.35	47.74
FeO	4.23	huellas	huellas	12.74	5.16	5.95	1.31
Al_2O_3	N.D	nada	nada	nada	*2.70*	*2.29*	nada
CaO	1.00	2.33	3.20	2.40	9.98	7.90	9.20
MgO	N.D	0.36	0.72	0.65	0.65	1.56	0.37
MnO	N.D	huellas	huellas	nada	0.18	0.21	huellas
TiO_2	N.D	huellas	huellas	huellas	0.17	0.16	huellas
P_2O_5	0.54	1.53	1.36	1.78	0.31	0.27	0.36
S	N.D	huellas	huellas	huellas	nada	nada	0.96
CO_2	N.D	nada	nada	nada	nada	9.03	1.20
H_2O	N.D	1.30	1.60	nada	1.65	0.82	5.50
Suma	96.82	99.74	100.42	98.21	100.31	99.62	98.82

A = Hematita Socavón número 1.

B = Oxidos de fierro pulverulentos. Cueva de los Biriles.

C = Oxidos de fierro pulverulentos. Cueva de la Marmaja.

D = Cerca del Picacho de la Cruz.

E = Boca del socavón número 4.

F = Socavón número 4. (Tope).

G = Lajas de óxidos, cerca de la Cueva de los Biriles.

NOTAS:— La sílice encontrada en los análisis está representada en los ejemplares, en la mayor parte de los casos, por cuarzo, calcedonia u ópalo.

Las cantidades en número de distinto tipo se refieren a ejemplares tomados de vetillas que arman en las latitas. La alúmina presente probablemente se ha derivado de éstas.

De lo anteriomente expuesto se desprende que se trata de una seudomorfosis, por oxidación, de la magnetita, y no de una especie mineral como se la ha considerado.

Densidades de la martita:

4.56	4.73	4.83
5.00	5.19	5.20

"Magnetita".—De ésta no se han llegado a encontrar cristales o cuerpos aislados bien definidos. En la Cueva de la Marmaja se hallan en los óxidos de fierro pulverulento (llamados por el señor Rangel, hematita micácea), pequeñas cantidades de polvo negro magnético. En algunos otros lugares como en el Picacho "A" hay grandes masas de fierro que son fuertemente magnéticas.

"Pirita".—Aunque no llegaron a encontrarse cristales grandes que permitieran su estudio, la presencia de este mineral está indicada por la "pirita normativa".

LA INTRUSION.—Antes de entrar en detalles sobre las posibles circunstancias en que pudo haberse efectuado la segregación, (1) hay que hacer notar las condiciones en que nos encontramos al hacer nuestras observaciones.

Cuando llegamos al cerro, la mayor parte de los socavones alcanzaban poca longitud; así pues, con los datos recogidos no es posible llegar a conclusiones del todo definitivas; pero sí lo bastante aproximadas para acercarse mucho a una interpretación verdadera.

El cuerpo instrusivo es probablemente, un batolito con una fase básica formada en los contactos; de este cuerpo se han desprendido varios apófisis en forma de diques que afloran en algunos lugares donde la erosión se ha efectuado con mayor intensidad, o en pequeños tajos abiertos recientemente.

La parte de la intrusión en la actualidad visible, es una piroxenita (Fig. 8) cuyo elemento constituyente principal es la misma piroxena, que en cristales aislados se encuentra en los diques diferenciados del C. de Fray Diego, es decir, una hedembergita-diopsida.

Su color varía del verde gris al verde obscuro, la textura y tamaño de los cristales es bastante constante, y en lo general se encuentran sus constituyentes parcialmente alterados, sea por intemperismo o por la acción de soluciones hidrotermales.

Su composición mineralógica es constante, aunque de cuando en cuando sufre modificaciones por la alteración de sus elementos primarios: hedenbergita-diopsida y magnetita, que es más abundante cerca del mineral de fierro y va escaseando a medida que se toman muestras más lejos de él. No se encontraron feldespatos ni evidencias de que hayan existido, pero esto se debe a la fuerte carbonatación que ha sufrido la roca.

(1).—Estos detalles se encontrarán en el Capítulo V.

Como elementos secundarios, se encuentran carbonatos, que frecuentemente han tomado su origen en la piroxena, óxidos de fierro y sílice, sea bajo la forma de cuarzo o como calcedonia u ópalo.

El siguiente análisis es una de las piroxenitas menos alteradas:

SiO_2	44.77
Al_2O_3	0.45
Fe_2O_3	11.04
FeO	8.33
MnO	0.12
MgO	6.72
CaO	20.46
Na_2O	0.46
K_2O	0.18
TiO_2	0.45
H_2O	2.23
CO_2	4.42
	99.63

Calculando la composición de la roca por medio de este análisis y teniendo en cuenta la composición modal, se tiene:

Hedenbergita diopsida. . . .	59.16 %
Magnetita.	5.34 „
Hematita.	6.56 „
Calcita.	10.00 „
Acmita.	2.31 „
Ilmenita.	0.76 „
Cuarzo.	10.86 „
Albita.	1.05 „
Ortoclasa.	1.11 „
H_2O.	2.23 „
	99.38

Se buscó P_2O_5 y no se encontraron ni huellas, luego evidentemente la apatita no cristalizó del magma, sino fué posterior a la solidificación del mismo.

Todos los minerales de la composición calculada del análisis químico, aparecen en mayor o menor abundancia en las diversas láminas que se sacaron de los diferentes ejemplares de piroxenita traídos; pero ni la ortoclasa ni la albita se identificaron.

Juzgando por los productos de alteración encontrados en las diferentes secciones estudiadas de estas rocas, se puede decir que todo el cuerpo o la mayor parte de la intrusión sufrió el mismo proceso de alteración, a veces tan avanzado, que es materialmente imposible saber si es la roca que está en contacto la alterada, o si es la piroxenita misma, aunque hay casos en que con claridad se ve que es la segunda.

Vuelvo por el momento a la primera parte de mi informe para rectificar la aseveración hecha por Chrustschoff referente a la existencia del granito de hornblenda.

Este granito no lo encontré en el cerro y aún cuando es muy probable que en el interior de la intrusión exista una fase relativamente ácida, no se manifiesta aún, pues ni los trabajos de explotación efectuados hasta la fecha, ni la erosión han descubierto tal roca.

Modificaciones de las rocas adyacentes.—Las rocas que se encuentran en inmediato contacto con la intrusión, han sufrido modificaciones que a veces cambian completamente su carácter, ya sea fundiéndolas, carbonatándolas, silicificándolas o impregnándolas con piroxena u óxidos de fierro.

Hay otras rocas que no deben sus modificaciones al contacto mismo con la intrusión, sino a los agentes mineralizadores que se escaparon durante o después de la cristalización.

Los lugares en donde estos cambios metamórficos se hacen más notables son en la Cueva de la Marmaja, en los Socavones núms. 2 y 4, y en los Pozos del Aguacero y del Alicante.

CAPITULO V

LA GENESIS DEL CRIADERO DE FIERRO DEL CERRO DE MERCADO

Por el Ingeniero de Minas L. SALAZAR SALINAS.

Muchas han sido las opiniones que hasta hoy se han emitido acerca del origen de este criadero de fierro.

Federico Weidner, en su informe al Ministro del Interior de México, en 1858 (1) dice que el criadero es resultado de una erupción volcánica producida por conos aislados, basándose según dice Farrington, en la presencia de tobas en las cercanías y en la ausencia de evidencias de metamorfismo. (2)

Birkinbine, por su parte, estima que el criadero consta de una o más inmensas lentes o venas de mineral de fierro especular y de martita, quizá verticales, que al desagregarse han formado un talud de detritus alrededor de la montaña.

Chrustschoff, citado también por Farrington, consideró el proceso, eruptivo, y que el óxido de fierro brotó, en dos puntos, a través del pórfido, extendiéndose sobre él en condición fluida igneo-acuosa.

Ordóñez cree que el óxido de fierro, posterior a las rocas encajonantes, constituye una formación filoniana que llenó una fractura formada en dichas rocas.

Rangel (3) dice que es un dique muy potente, ramificado en la parte occidental, que envía dos ramales hacia el N., e incluido en un macizo de riolita; teniendo en su base, enormes bancos de riolita compacta.

De Launay (4) admite, tomándola probablemente de Rangel, la idea de que el criadero del Mercado es un gran dique armando en riolita, con ramificaciones al W.

B. Silliman (5) opina que el cerro muestra por todas partes, masas de mineral que parece se han derivado de una o más vetas o capas inmensas de fierro especular y que se mantienen casi verticales, formando los fragmentos de ellas un talud en las laderas de la montaña, que oculta casi por completo la roca.

Por último, en una publicación recientemente hecha por la Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, S. A., se emite la opinión por el señor B. P. Davidson, empleado de dicha Compañía, de que el criadero es de contacto, "probablemente entre un batolito igneo y una capa sedimentaria de la que no queda nada a la vista."

---

(1).—Citado por Birkinbine en "Transactions of the American Institute of Mining Engineers." Vol. XIII. (1885).
(2).—Geology of Western México—Field Columbian Musseum. Vol. 2. 1904.
(3).—Boletín No. 16 del Instituto Geológico de México, 1902.
(4).—Tratado de Metalogenia, yacimientos minerales y metalíferos. Tomo II—1913.
(5).—The American Journal of Sciences—1882.

No todas las opiniones merecen igual crédito, pues es de distinto valer la autoridad científica de los autores, y aun entre los que pudieran considerarse igualmente autorizados, hay quienes sólo hicieron un mero reconocimiento al criadero (1) y aun presumo que otros, se limitaron a prohijar las opiniones de sus predecesores.

Procediendo por eliminación, parecen no aceptables, desde luego, por razones obvias, las opiniones de Birkinbine, de Ordóñez y de Silliman. (2)

La idea del dique, expresada por Rangel y prohijada por de Launay, fué seguramente emitida cuando el criadero no había sido objeto de exploración, y en tales condiciones, es explicable, porque el aspecto en conjunto de los crestones de hematita como las masas riolíticas de los flancos, pudieron haber producido una impresión de regularidad ante un examen no muy detenido,impresión que sin duda se robusteció porque las zonas falladas, producen de hecho una limitación del criadero, dándole un aspecto de orientación bien marcada.

Como he dicho en el capítulo de Morfología del criadero, las manifestaciones de regularidad que éste ofrece, son tan sólo aparentes, siendo la realidad que el mineral se encuentra distribuido en formas irregulares y que no persiste en su conjunto a profundidad ni tampoco a rumbo, circunstancias que son incompatibles con el concepto de un dique.

La opinión del señor Davidson, considerando al yacimiento como un criadero de contacto entre un batolito y una formación sedimentaria ya desaparecida, no me parece del todo precisa, porque los indicios existentes demuestran que la formación inmediatamente superior al criadero, fué una emisión riolítica que ya existía cuando se formó el criadero y por otro lado, la roca de origen del criadero encontrada por nosotros, posteriormente a la publicación del estudio de Davidson, no puede considerarse como perteneciendo a un batolito, por estar este término reservado especialmente a las grandes masas subyacentes, partes más antiguas del planeta (3) localizadas en la dirección de los grandes sistemas orogénicos, siendo injustificado, de acuerdo con la tecnología aceptada, el aplicar tal designación a una región en el fondo de un valle, donde no hay vestigio alguno visible de su existencia. (4)

Farrington, por último discute el punto de la génesis del criadero, pero sin dar opinión. Se limita a asentar que el problema es difícil; que el óxido de fierro puede haber brotado llenando una fisura, o puede ser resultado de una separación del magma. Considera ambas hipótesis insostenibles y concluye por asentar que la separación del fierro, de un magma básico sería inexplicable, pero no lo es en el caso de Mercado, en que las rocas son ácidas.

Quedan por discutir las opiniones de Weidner y de Chrustschoff.

El primero, basándose en que en las cercanías del cerro hay tobas y que no se notan en los contactos fenómenos de metamorfismo, supone que el criadero es el resultado de una erupción volcánica, producida por conos aislados.

El segundo, también consideró el proceso de naturaleza eruptiva y admite que el óxido de fierro brotó, en dos puntos, a través del pórfido, extendiéndose sobre él, al estado de fusión ígneo-acuosa.

El estudio de Weidner acusa un meritorio esfuerzo para dilucidar el difícil problema de la génesis del criadero de Mercado y es probable que si ese geólogo hubiera florecido algunos lustros más tarde, habría formulado su teoría, en términos que estuvieran acordes con la evolución de los conocimientos humanos en el ramo, como lo estuvieron, sin duda alguna, con los que privaron en la época en que escribió, en la que el proceso ígneo se circunscribía a la noción del volcanismo, por oposición al proceso neptuniano con el que compartía, casi en exclusivo, el dominio de la geología.

Aún en nuestros días, se admite que ciertos batolitos, son los "corazones o raíces de antiguos volcanes", (5) apoyándose en consideraciones semejantes a las que Weidner adujo

(1).—Entre éstos se cuenta Ordóñez, quien advirtió que no tuvo tiempo de examinar detenidamente la formación.

(2).—En un folleto de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, correspondiente de la Real de Madrid, intitulado: "Distribución Geográfica y Geológica de los criaderos minerales de la República Mexicana", el autor, don José G. Aguilera, dice en la pág. 30, "que la hematita acompañada de magnetita, forma filones de edad pliocénica en la rhyolita" en el Cerro de Mercado en Durango, opinión que es también errónea.

(3).—Text-boock of Geology—Grabau—Pág. 205.

(4).—Daly.—Igneous rocks and their origin".

(5).—James Geikie-Structural and field Geology, 1920, pág. 196.

hace 64 años, a saber: la manera peculiar en que las intrusiones granitoides vienen a veces asociadas con rocas efusivas.

Pero la hipótesis de Weidner, ya lo dije, no puede subsistir, y resulta ahora del todo incompatible con las ideas modernas, pues la emisión de óxido de fierro en masas tan enormes como la de Mercado, no puede atribuirse, desde ningún punto de vista, a un volcán.

Las "piedras redondeadas de metal del Cerro de Mercado, del tamaño y figura de proyectiles", que Weidner supone fueron arrojadas por el cerro, no existen en ninguna parte, pues me resisto a creer que aludiera a los fragmentos de hematita, rodados, que constituyen la parte residual del criadero, a la que ya me he referido.

La opinión de Chrustschoff, citada en el trabajo de Farrington, aunque enunciada en términos muy generales, es la que más se aproxima a la hipótesis que he formulado y que en seguida paso a exponer; anuque la esencia y fundamentos de una y otra hipótesis son del todo diferentes.

Tomando la cuestión desde su origen, parece posible explicar este fenómeno, que por tan singular se ha tenido, de la génesis de Mercado, a la luz de las nuevas ideas en la materia y contando con el material recogido por nosotros y con los estudios concienzudos que hemos verificado, en el campo y en el gabinete.

La idea de las masas magmáticas intrusivas designadas por Gilbert en 1877 con el nombre de lacolitos ha sufrido una modificación en esencia, que, en mi concepto, se impone aceptar, desde el momento en que la concepción acerca de la constitución del planeta ha cambiado radicalmente.

La teoría del insigne Gilbert tiene que ser modificada según las ideas expuestas por Hobbs en su interesante libro recientemente publicado, (1) dejando a un lado la idea de una intrusión a través de un conducto procedente de zonas profundas y la concomitante de que la presión ejercida por la masa intrusiva es lo que produjo la curvatura de las formaciones superiores, las que habrían sufrido, de acuerdo con tales ideas, esfuerzos de tensión.

Es, por el contrario, el pliegue, producido por esfuerzos de compresión, el que, descargando a las formaciones inferiores de la presión a que estuvieron sujetas, rebajó su punto de fusión (2) dando con esto lugar a la formación de lo que Hobbs llama muy propiamente "bolsas o cámaras magmáticas".

Una cámara magmática de esta naturaleza explica perfectamente y sin esfuerzo, el por qué de esas acumulaciones de origen igneo, en espacio reducido de la superficie terrestre y sin que tengan conexiones subterráneas con formaciones separadas más o menos lejanas de aquélla que, por sus características visibles, constituye una individualidad bien definida; teniendo además esta concepción la ventaja de eliminar las dificultades de interpretación que a menudo surgen cuando se trata de definir si una intrusión es batolito o lacolito.

La objeción o dificultad capital para explicar la génesis del criadero de fierro de que me ocupo, ha estribado en la naturaleza ácida de aquella roca que parece ser la de origen del criadero y con la cual está sin duda relacionado. Dicha roca es de naturaleza riolítica, según las determinaciones micropetrográficas hechas por el señor Martínez Quintero, confirmando las clasificaciones macroscópicas; pero no está sola: hay, en íntima asociación con ella otras rocas, encontradas por nosotros en varios lugares de la región de Mercado: la una, roca verde, cubierta por numerosas cristalizaciones del mismo color, que ha resultado ser una piroxenita, roca holocristalina ultrabásica y que es aquella de cuyos elementos se ha derivado el criadero de fierro, por un proceso de diferenciación magmática. La otra, presumo que es el producto magmático mismo, roca cuyo análisis químico da a conocer una proporción casi nula de Al_2O_3 y un fuerte contenido de fierro, tanto el estado FeO como al de Fe_2O_3 (3).

Este material, de apariencia intermedia entre roca y mineral, sólo por razones de índole industrial no se considera como mineral. Genéticamente, es una roca y será de interés

(1).—William Hebert Hobbs.—Earth Evolution and its facial expression.—1922.—Pág. 53 y siguientes.
(2).— Id. Id. Id. pág. 24.
(3).—El eminente petrólogo Dr. Henry S. Washington en su estudio intitulado, "The Chemistry of the Earth's Crust", dice: Alumina.—is wholly absent only in the "magmatic" ores, and some rocks that are composed entirely, or almost so, of "olivine".

el estudio de la graduación mineralógica que posiblemente existe en esa roca hasta convertirse en "mineral", estudio que sólo podrá hacerse cuando la explotación del criadero esté suficientemente avanzada, debiéndose para entonces tener presente que en las varias muestras de esa roca examinadas por el petrógrafo señor Martínez Quintero, ha encontrado que elementos propios de la roca ignea básica son los que forman su matriz.

La mezcla en que con estas rocas se encuentra la riolita, sería explicable, según la concepción de Hobbs ya mencionada, pues, si a mayor profundidad de donde se forma una bolsa magmática más o menos básica, existiese, como muy posible es, otra formación de pizarras arcillo-silizosas, por ejemplo, es claro que éstas, al entrar en fusión por el mismo efecto de la diminución de la presión, (acentuación del pliegue) darán lugar a la formación de una nueva cámara de magma de peso ligero que, por efectos de convexión, iría gradualmente invadiendo la cámara superior más básica, hasta entremezclarse con ella, o sobreponérsele, (1) constituyendo un verdadero xenolito, (o un lacolito compuesto) como el que describe Daly en la pág. 72 de su libro :"Igneous rocks and their origin", a través del cual puede haber salido, en fases posteriores del proceso de diferenciación, el mineral de fierro objeto de este estudio; pero esta sencilla idea no aparece suficientemente apoyada por los estudios micropetrográficos, los cuales más bien inducen a suponer que se trata de una roca efusiva más antigua que la que actualmente se encuentra en la superificie, como desde un principio lo supuso el señor ingeniero don Manuel Santillán.

Ahora bien, este mineral de fierro, podría considerarse compuesto de dos partes: el producto magmático mismo, que es en rigor, una roca que ha retenido una parte del fierro al estado de FeO y de Fe_2O_3 y un "extracto magmático", como Lindgren le llama, (2) separado de la solución magmática y arrastrado por el agua y otros mineralizadores, al estado de fusión igneo-acuosa, cuya fluidez pudiera haber aumentado al iniciarse la cristalización de los elementos básicos difícilmente fusibles como la magnetita; y no la apatita, que, según los estudios del señor Martínez Quintero, es posterior al criadero de fierro.

La petrología de las formaciones igneas, o geología magmática, como la llama W. H. Goodchild en su estudio "The genesis of ineous ore deposits", es una rama de la ciencia que apenas ha sido explorada. Las mismas eminencias en la materia se muestran reservadas en todo lo que a este punto atañe; de suerte que yo, al mencionar la posible separación del óxido de fierro, al estado de extracto magmático, no hago más que apuntar una idea que sea una de tantas como con el tiempo se discutirán para dilucidar la génesis de los criaderos igneos. Es una indicación de un método de ataque, como dice Goodchild, para resolver estos problemas.

Teniendo pues en cuenta el estado actual de nuestra ignorancia, he procurado redactar el capítulo de morfología del criadero con la mayor precisión y exactitud que me ha sido posible, porque, en suma, de ese estudio morfológico y del micropetrográfico saldrán los elementos para el estudio del complicado problema en el caso de Mercado.

Pudiera depender el enorme depósito de hematita, de algún proceso de concentración de soluciones, como el descrito por Goodchild en su estudio ya citado, que corre publicado en el Vol. XXVIII de Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy.—London-1919 —Pág. 283; o como el que supone el señor Martínez Quintero, y que reproduzco en seguida; pero de todas maneras, colectar hechos, agruparlos y clasificarlos en la mejor forma posible, es un trabajo positivo para el futuro. Por eso he dado especial importancia al estudio morfológico y de él he procurado derivar las consideraciones que he hecho respecto de génesis.

El señor Martínez Quintero al formular su opinión, de acuerdo con el estudio petrográfico hecho por él, reconoce que no es posible establecer conclusiones definitivas, pero sí, suficientemente aproximadas para una interpretación aceptable.

Según él, el cuerpo intrusivo es, probablemente, un batolito con una fase básica formada en los contactos; siendo la parte visible de la intrusión una piroxenita, cuyo constitu-

(1).—Hobbs en la obra citada, pág. 167, dice: "Somewhat later fusion of the fractured portion of the siliceous shale in an inferior position may be accomplished, and this magma being of lower density, should in time through convectional currents either mingle with the andesitic magma above, or else rise through it to the upper portion of the chambers".

(2).—Mineral Deposits by Waldemar Lindgren.—Pág. 611.

yente principal es la hedenbergita-diopsida que, en cristales aislados, se encuentra, entre otras partes, en los diques diferenciados del cerro de Fray Diego.

De acuerdo con Beck, citado por Freudenberg (1) nuestro petrógrafo consdiera que no toda la masa del criadero es producto de segregación del magma fluido, sino que influyeron otros factores para contribuir al enriquecimiento.

Formada la fase ultrabásica en los contactos —sigue diciendo Martínez Quintero— debido a ella se separó parte del fierro y, al efectuarse la solidifación, los glóbulos de óxido de fierro que primero se encontraban suspendidos, quedaron aprisionados en la piroxenita, como se ve en los ejemplos que él ha estudiado.

Más tarde, cuando el magma hubo avanzado en su solidificación, las emanaciones gaseosas de vapor de agua, P_2O_5, CO_2, Cl y quizá otros, así como también las soluciones magmáticas, contribuyeron al enriquecimiento de la masa de fierro ya formada, transportando fierro de las regiones más bajas a las altas y depositándolo en los óxidos mismos por simple cristalización o por substitución en las rocas igneas adyacentes. En la Cueva de la Marmaja se encuentran vestigios de la roca que no fué completamente substituída pero sí alterada y que parece haber pertenecido a las rocas porfiríticas en que la K_2O, predomina sobre la Na_2O.

Concluye el señor Martínez Quintero, emitiendo, como muy probable, la idea de que la oxidación de la magnetita sea debida a los fenómenos neumatolíticos que ha citado; y hace notar el caso notable de que el fierro del Cerro de Mercado carece de TiO_2 o lo contiene en muy pequeña proporción.

Estos criaderos, como Lindgren dice, "ocurren, en o cerca de rocas intrusivas y han sido expuestos por efecto de profunda erosión, habiéndose, por consiguiente, formado, a profundidades considerables", existiendo como pruebas del origen magmático del criadero, la pequeña proporción de SiO_2 y la casi ausencia de Al_2O_3 en los minerales, como puede verse en la tabla de análisis que se han verificado en el laboratorio de la Sección de Química del Instituto Geológico y que va incluida en el capítulo dedicado a la Petrografía, más, la no persistencia del criadero a profundidad y los fenómenos de metasomatismo de contacto.

El resumen de mi hipótesis, es como sigue:

Formada, a profundidad, una cámara magmática, de naturaleza básica, motivada por un pliegue en la formación sedimentaria, ese mismo pliegue, acentuando su efecto sobre la presión, puede haber producido la fusión de sedimentos silizosos más profundos, dando nacimiento a una nueva bolsa magmática ácida que, por la menor densidad de sus constituyentes, penetró a la cámara básica y concluyó por sobreponérsele, quedando, en parte, entremezclados los materiales de una y otro; o bien, admitiendo la existencia de la roca ácida efusiva, ésta fué penetrada por los productos magmáticos dejando huellas de ese paso en los fenómenos de metamorfismo y en la mezcla de elementos.

Casi al empezar a consolidar estas masas magmáticas, se desprende de la de naturaleza básica, el vapor de agua y otros mineralizadores, arastrando a los constituyentes pesados como el fierro; los que tendiendo a la fluidez, a favor de la cristalización de elementos poco fusibles como la magnetita, se derramaron sobre la masa ácida, a través de la cual emergieron, formando un plexus de inyección envolviendo a los elementos cristalizados y a fragmentos de la formación ácida profunda, y constituyendo una masa compacta de mineral de fierro.

El trabajo de la erosión, obrando sin cesar, y seguramente en intensa forma, acabó por casi arrasar esta región que hoy ocupa el valle de Durango, quitándole la mayor parte de su cubierta sedimentaria.

El depósito de fierro, formado a profundidad, quedó entonces a descubierto, sobresaliendo, aislado, en medio de aquella vasta extensión de sedimentos desgarrados y que desaparecían ante el efecto intenso e incesante de la erosión.

Vinieron entonces las grandes emisiones riolíticas que cubren el gran macizo de la Sierra Madre Occidental, estudiado por Ordóñez, y que, seguramente, llenó toda la cuenca de erosión, incluyendo, total o parcialmente, el islote de fierro que hacia su centro se erguía

(1).—Geologie von Mexiko, 1921, pág. 193.

Fenómenos de carácter tectónico, produjeron grandes afallamientos y una depresión que afectó a una parte considerable del criadero de fierro y de las formaciones riolíticas que lo cubrían; depresión que, antes de mi visita a Durango, habían ya acertadamente reconocido los señores ingenieros Pedro González y Manuel Santillán.

Los otros afallamientos que van indicados en el plano, fueron localizados posteriormente por mí, y su presencia me induce a suponer que en esta masa intrusiva, que llamaré lacolítica, pueden haberse realizado las formas cuneiformes a que alude el estudio de Keyes recientemente publicado (1) y en el que se hacen intervenir los fenómenos tectónicos como caracteres que definen una forma especial, distinta de la ideada por Gilbert, y que, según el autor citado, es la predominante en todas estas formaciones.

La erosión siguió su trabajo y no sólo se llevó la mayor parte de la cubierta riolítica y las capas de tobas que el material clástico de aquéllas formara, sino que atacó el yacimiento de fierro y formó en los flancos de la colina constituida por el criadero, un depósito residual que fué extendiéndose a lo lejos en capas estratificadas.

Los efectos de esta denudación, prosiguen hasta nuestros días.

A las consideraciones anteriores, que sirven de base a mi hipótesis, hay que agregar algo para demostrar la posibilidad de las bolsas magmáticas en relación con pliegues de una formación sedimentaria que no es visible.

Lo relativo a la naturaleza de las rocas; a la mezcla de rocas básicas con ácidas en la base del yacimiento, y a la emisión de riolita, posterior al criadero, son puntos que creo bien dilucidados en los capítulos que constituyen este Boletín.

La teoría de las bolsas magmáticas, se encuentra ampliamente dilucidada en el libro de Hobbs ya citado, y sería inoportuno y seguramente es innecesario el reproducir lo que dicho autor dice, puesto que la obra está al alcance de las personas que se interesen en la materia.

Me limito, pues, a reproducir los conceptos fundamentales.

No hay motivo fundado para admitir que el valor del grado geotérmico aumente en razón directa de la profundidad. Pudiera disminuir o permanecer estacionario a una profundidad no muy grande.

La observación del fenómeno similar del grado aerotérmico, que ha estado al alcance de la investigación humana, autoriza para abrigar esa duda.

La fusibilidad de las rocas, como efecto de la disminución de presión, ha sido demostrada experimentalmente, por Bridgman en la Universidad de Harvard y por Adams en el Laboratorio Geofísico de Washington; y como resultado de estos trabajos, se viene a la conclusión de que el punto de fusión de las rocas, se eleva enormemente con un incremento en la presión; de lo que se deduce que, si por cualquier motivo, esa presión disminuye en algún lugar, sobrevendrá el fenómeno inverso, o sea, la fusión de la masa afectada por tal relajamiento de la presión, lo que, como está igualmente comprobado, conduce a la formación de un gran número de rocas igneas, como resultado directo de la fusión de los sedimentos.

Ahora bien, en el Valle de Durango no existen formaciones sedimentarias; pero es de admitirse que las hubo en épocas pretéritas, puesto que el Dr. Carlos Burckhardt, al descubrir formaciones del triásico marino en los alrededores de Zacatecas, alternando con rocas igneas diabásicas, pudo colegir, contando con la colaboración de los distinguidos palentólogos Von Mojsisovics de Viena y Perrin Smith de California, que la fauna de Zacatecas muestra que hubo, con toda probabilidad, una comunicación interoceánica a través de México, uniendo los mares triásicos Californiano y Mediterráneo. (2)

Sería pues, hacia fines del Mezozoico, cuando los plegamientos de las formaciones marinas del triásico superior y las de la era paleozoica, que en Zacatecas reconoció el Dr. Burckhardt abajo de las mezozoicas, produjeron un anticlinal, a cuya existencia alude el señor Ing. Pedro González en el estudio de la geología general de la región, anticlinal que fué una de las causas eficientes de la cámara magmática que después produjo el yacimiento de fierro de Mercado, y de cuyo pliegue se conserva como notable testigo, el cerrito riolítico de San Antonio, que puede ser, o el resultado de la compresión que sufrieron los sedimentos y

(1).—"The Pan American Geologist." Vol. XXXVII—No. 1.—Feb. 1922.
(2).—Boletín del Instituto Geológico de México, No. 21, pág. 38.

que alcanzó a la formación riolítica efusiva; o el depósito de esta efusión entre las capas sedimentarias, desaparecidas después por efecto de la erosión y que sólo dejaron sus huellas en la estructura impresa a la riolita. En este último supuesto, el cerrito de San Antonio sería un buen ejemplar de facolito. (1)

De la erosión intensa de que la región fué teatro, se conservan claros testimonios, pero sólo de aquella fase correspondiente a épocas posteriores al alumbramiento del criadero de fierro.

Lo anterior a esa etapa, queda en el terreno de una pura hipótesis, aunque bastante bien fundada, en mi concepto, puesto que de otra manera, no sería explicable el que la masa de óxido de fierro quedara visible.

El trabajo denudatorio ha sido, en ambas etapas, intenso, y de su naturaleza y efectos da idea el capítulo que para dilucidar el fenómeno, han escrito los geólogos Santillán y González.

(1).—En los mapas paleogeográficos originales publicados en el tomo II de la obra de geología de Grabau, no figura la comunicación interoceánica supuesta por Burckhardt, pero sí una muy amplia penetración en el cretácico inferior. En el triásico sólo se consigna en esos mapas un geosinclinal que empieza hacia la latitud de la desembocadura del río Colorado y avanza hacia el interior de México hasta más al Sur del paralelo 20°, o sea, hasta la parte media del Estado de Jalisco.

CAPITULO VI

IMPORTANCIA INDUSTRIAL DEL CRIADERO DE FIERRO DEL CERRO DE MERCADO, DGO.

Por el Ing. de Minas MANUEL SANTILLAN, con la colaboración del Ing. de Minas PEDRO GONZALEZ

Uno de los elementos naturales cuya explotación ha preocupado a todos los pueblos por ser la base tanto del desarrollo de la industria en época de paz, como de la destrucción en tiempos de guerra, es el fierro. La importancia de su explotación radica en su tonelaje, pues su valor es bajo, por ser metal abundante. Según Clarke, entra en la composición de la corteza terrestre en una proporción de 4.44 % ; su valor comercial es de 1,200 veces inferior al de la plata y 40,000 al del oro, pero es 8.800,000 veces más abundante que éste y 440,000 veces más que aquella.

Según Eckel, la producción mundial proporcional, de los metales, durante el período comprendido entre los años de 1901 a 1910 ha variado así: la producción de fierro aumentó en ese período de tiempo en un 59 % y en los demás metales el incremento de producción fué como sigue: 33 % Pb; 57 % Cu; 61 % Zn; 29 % Sn; 484 % Al; 126 % Ni; 36 % Ag; 16 % Hg. y 79 % Au. En 1910 el tonelaje de los metales anteriores fué de 68.289,441 toneladas métricas, con un valor de 2,120.789,000 dólares, correspondiendo al fierro 65.300,000 toneladas con un valor de 979.500,000 dólares y al oro 704 toneladas con un valor de 454.214,000 dólares.

En los Estados Unidos del Norte el valor total de producción de minerales, durante el año de 1910 fué algo más de 2,000.000,000 de dólares, siendo la producción de fierro la quinta parte aproximadamente de esa cantidad o sea 425.115,235 dólares.

En México, los yacimientos de fierro son relativamente escasos en relación con la extensión superficial del país, y los datos estadísticos no son lo suficientemente precisos, como es de desearse, para formarse un juicio exacto del estado de la industria. La producción de fierro dulce, en toneladas, fué como sigue: 1905: 4,229; 1906: 25,319; 1907: 16,238; 1909: 45,000; 1911: 40,000. (1) Al final de estas páginas incluimos una carta de la República, en la que se indican los lugares donde existen yacimientos de fierro. La importancia industrial de estos yacimientos es desconocida o grandemente exagerada en la mayoría de los casos, causa por la que esta industria en México no cuenta con datos fidedignos respecto a su producción y reservas. Para citar un solo caso, y es el que más nos interesa, nos referiremos al Cerro de Mercado. Todos los autores que se han ocupado de él le han asignado tonelajes diversos, y probablemente ninguno basado en consideraciones positivas. En el Engineering and Mining Journal, Vol. 105, Núm. 25, se le considera con 360.000,000 de toneladas; Davidson estima que tiene 106.733,200 toneladas, en tanto que el Congreso Geológico Internacional celebrado en Estokolmo, da la cantidad de 55.000,000 de toneladas para las reservas de toda la República Mexicana, sin incluir el citado cerro. Según el levantamiento topográfico y el estudio geológico hechos últimamente por este Instituto, se estiman las reservas del mine-

(1).—Mining and Engineering World. p. 174, Vol. 36.

ral del Cerro de Mercado en 75.553,063 (1) de toneladas, calculando el volumen del cerro arriba de la curva de nivel 1990, lo cual es sin duda un cálculo conservador, y puede, por lo tanto, considerarse como un mínimum, ya que sólo se refiere a la parte maciza del criadero.

Agregando la parte de boleo, o sea el criadero residual que en los flancos y base de la montaña se ha formado, el tonlaje aumentará, sin que sea posible decir en cuanto. Sin embargo, una estimación aproximada, y más bien conservadora, nos induce a considerar el volumen de dicha formación residual en 360,000 metros cúbicos, los que nos dan, si les asignamos una densidad media de 2, que es la cifra adoptada por el señor Davidson, un tonelaje de 720,000 que, agregado al de la parte maciza, dan la cifra de 76.273,063 toneladas, para el total de mineral probable en el Cerro de Mercado, sin incluir, por supuesto, la porción que llamaremos "posible", que pueda encontrarse en la de presión tectónica a que se refiere el capítulo respectivo, y en la prolongación de la formación residual que, como algunos admiten, se extiende a distancia considerable del cerro.

Respecto a las reservas mundiales, damos a continuación la siguiente tabla, tomada del Boletín núm. 706, página 18, de la United States Geological Survey, publicado en el año de 1921, en la cual están computadas las reservas de minerales de fierro:

RESERVAS DE MINERALES DE FIERRO EN LA NUEVA EUROPA
(Millones de toneladas métricas)

PAIS	Conocido	Probable	Posible	Total	Por ciento
Francia,	1,790.0	1,053.6	1,526.0	4,369.6	35.2
Gran Bretaña,	317.5	464.3	1,472.3	2,254.1	18.2
Suecia,	442.9	376.1	729.6	1,548.6	12.5
República Alemana,	255.6	207.4	911.7	1,374.7	11.1
España,	353.1	116.3	148.9	618.3	5.0
Rusia Central	140.0	180.0	204.1	524.1	4.2
Noruega,	85.8	56.4	330.1	472.3	3.8
Rusia Meridional,	71.0	131.0	142.0	344.0	2.8
Czechoslovakia	22.3	84.8	58.6	165.7	1.3
Región del Ural,	52.3	60.8	47.8	160.9	1.3
Polonia,	11.2	50.6	69.2	131.0	1.1
República Austriaca,	76.7	9.5	30.0	116.2	.9
Luxemburgo,	60.0	21.0	.....	81.0	.7
Grecia,	18.0	18.0	22.5	58.5	.5
Bélgica,	2.5	14.1	23.2	39.8	.3
Portugal,	8.2	16.2	12.5	36.9	.3
Yugo-Slavia,	9.5	8.0	16.0	33.5	
Cáucaso,	6.2	6.2	18.6	31.0	
Finlandia,	3.6	11.4	1.9	16.9	
Rumanía,	2.5	8.5	4.0	15.0	.8
Italia,	5.5	3.3	.....	8.8	
Suiza,	1.2	....	2.2	3.4	
Bulgaria.	....	.7	.....	.7	
	3,735.6	2,898.2	5,771.2	12,405.0	100.0

Respecto a los demás países del mundo que no están incluidos en la tabla anterior, damos a continuación los siguientes datos tomados del Engineering & Mining Journal, Volumen 105, núm. 25.

(1).—Para este cálculo hemos aceptado la cifra de 3.6 como valor de la densidad para la parte maciza, que es la cifra adoptada por el señor Davidson en su informe.

RESERVAS DE MINERALES DE FIERRO

(Año de 1917)

PAIS	RESERVAS (TONS.)	OBSERVACIONES
Estados Unidos,	4,578.000,000	Actual material de ley media.
Estados Unidos,	74,566.000,000	Tonelaje posible, utilizando material comparable con las reservas inglesas.
Terranova,	3,500.000,000	En un depósito.
Canadá,	.....	No se han estimado.—Criaderos diseminados y relativamente pequeños.
India,	.....	No se han estimado.—Se dice que las reservas son grandes.
Sud-Africa,	.....	No se han estimado.—Pocos datos definidos.
Australia,	113.000,000	Se conocen muchos criaderos, pero no se han considerado.
Tasmania,	25.000,000	
Nueva Zelanda,	64.000,000	
Elba,	.....	No se ha estimado.—Relativamente pequeño.
Cerdeña,	.....	No se ha estimado.
Túnez,	40.000,000	Total para algunos depósitos, pero se conocen otros. Escasa exploración más allá de la costa.
Marruecos,	20.000,000	Varios depósitos.—Se conocen otros. Poca exploración más allá de la costa.
Togoland,	20.000,000	Un depósito solamente.
China,	100.000,000	Un depósito solamente.—Poca exploración.
Cuba,	800.000,000	Mayari solamente.—Hay otras áreas.
México (1),	360.000,000	Durango solamente. Hay otras areas.
Chile,	100.000,000	Tofo solamente. Hay otras areas.
Uruguay,	.....	No se han estimado.
Venezuela,	.....	„ „ „ „
Honduras,	.....	„ „ „ „

Durante la gran guerra, la producción fué anormal y disminuyó en algunos países europeos, principalmente en Alemania, Francia y Bélgica, ignorándose en la primera, desde

(1).—Por lo dicho anteriormente, la cifra correspondiente a México, debe modificarse, sin que sea posible precisarla. Admitiendo el dato 55.000,000 presentado en el Congreso de Estokolmo, y adicionándole la estimación que hacemos para el Cerro de Mercado, resultaría, para las reservas de nuestro país, un tonelaje de 131.273,000 en números redondos, lo que nos colocaría en el 11°. lugar entre los países consignados en la primera tabla.

Al final de este capítulo publicamos una relación de las localidades en que se encuentran especies minerales de fierro, las que están tomadas de nuestro Catálogo inédito de especies minerales.

1919, el estado de su industria. Según los datos de la Mineral Industry, los Estados Unidos produjeron durante esa época la mayor cantidad de fierro en su historia; es decir, en 1916, 1917 y 1918 su producción excedió a la de 1920 que fué 67.773.000 toneladas.

Hemos formado el cuadro siguiente tomando los datos de Roesler, Eckel, Schulz y The Mineral Industry, para hacer comparaciones y deducir, como se ve por los números, la influencia del fierro en la civilización y en el desarrollo industrial de los pueblos; así vemos que el país más industrial, los Estados Unidos de América figura en primer término por su producción, y que los países más adelantados de Europa; Alemania, Francia e Inglaterra, son los principales productores de fierro. La producción en México es muy poca en comparación con la de los países citados, pero esto se debe a que sus reservas son muy inferiores y a que la explotación ha sido muy irregular, pues prácticamente, una sola Compañía, la Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, ha estado trabajando en sus plantas de fundición y en sus minas; por otra parte, los depósitos de fierro mexicanos, conocidos hasta ahora, como los de **Baja California, Michoacán, Oaxaca, Hidalgo,** etc., no han sido tocados en los últimos años, y apenas ha sido reanudada la explotación en el Cerro de Mercado, Durango.

PAÍSES	Millones de toneladas Fe. Reservas	Superficie en Km^2	Población	Habitantes por Km^2	Producción Fe
FRANCIA	43,699.600,000	529,600 Con colonias: 8.977,000	39.600,000 Con colonias: 49.720,000	74	21.917,870
ESTADOS UNIDOS.	4,257.800,000	9.386,000	103.043,000	11	55.150,147 en 1912.
INGLATERRA	2,254.100,000	315,000 Con colonias: 29.500,000	46.060,000 387.000,000	146	16.254,085
ALEMANIA.	137.470,000	541,000	68.300,000	126	35.000,000 en 1913. 37.505,000 en 1911
SUECIA.	1,548.600,000	448,000	5.960,000	13	7.475,571
CUBA.	1,903.000,000	118,800	2.383,000	20	1.417,914 (1910)
GRECIA.	58.500,000	± 65,000	2.500,000		309,956
MEXICO.	55.000,000	2.000,000	15.000,000	7.5	
BULGARIA.	700,000	No hay datos.	No hay datos.		

En la estimación de tonelaje es costumbre clasificar el mineral de un criadero, en mineral "positivo" o a la vista, en mineral "probable" y en metal "posible". El primero es aquel que por estar reconocido en varios lugares, puede cubicarse; el segundo el que es costeable por la ley y según los costos de mina y beneficio, pero que no está visible en las labores necesarias para verificar su cubicación; y el último, el que no siendo visible, puede preveerse su existencia debido a las condiciones geológicas del yacimiento, pues este mineral se considera por lo común en la parte profunda de los yacimientos; o bien, aquel que, por una disminución en los costos, puede hacerse costeable su explotación.

La determinación del mineral posible debe fundarse, para que tenga un valor real, en estudios geológico-mineros concienzudos.

La estimación que hemos hecho para el criadero de Mercado, no contiene esas subdivisiones, tanto porque consideramos la cuestión desde el punto de vista estrictamente geológico, tomando la frase "mineral existente", como sinónima de "mineralización", como porque no nos compete el hacer este estudio para cada una de las propiedades mineras ubicadas en el cerro. Nuestras estimaciones se refieren, pues, al criadero mineral en conjunto, independientemente de la división de la propiedad minera en dicho criadero.

A continuación damos una reseña de los principales criaderos de fierro en el mundo, según datos tomados del "Engineering and Mining Journal", Vol. 105, No. 25.

Los principales depósitos de minerales de fierro de la Gran Bretaña existen en Cumberland, Lancashire, Yorkshire, Linconlnshire y Northamptonshire.

Los minerales de Cumberland se encuentran en una pequeña faja de tierra de 8 kms. de largo y paralela a la costa entre Whitehaven y Ulverston. El mineral, que es hematita roja con bajo por ciento de fósforo, generalmente se presenta en bolsas en la caliza carbonífera del Distrito, y sigue, por lo común, las líneas de fractura en caliza o la línea de contacto entre la caliza y las rocas silurianas. La mina más importante es la Hodbarrow, que produce aproximadamente medio millón de toneladas anuales. Se dice que en esta mina se han desarrollado reservas que ascienden a 25 millones de toneladas, pero hay razón para pensar que el depósito contiene más de esa cantidad.

Los minerales de Yorkshire representados por los de las minas que existen en las colinas de Cleveland, son diferentes en su aspecto y formación, de los minerales de Cumberland. En Yorkshire los minerales se presentan en capas cuyo espesor varía de 0m. 60 a 4m. 50. El principal manto es el único que se trabaja, aunque existen otros que pueden ser costeables. Comparada con los standards americanos, la calidad del mineral es baja, pues contiene por término medio 32% de fierro. Anualmente se extraen aproximadamente seis millones de toneladas de mineral de esta clase. En el Distrito de Cleveland existen dos clases de mineral: uno de color azul, marcadamente oolítico, libre de alúmina y que da 30% de fierro; y el otro de color amarillo obscuro, que contiene alúmina y da 28%.

En el Distrito Minero de Lincolnshire, la región Frodinghan es la más importante; abarca una area de 104 kilómetros cuadrados y se presenta en el Lias inferior o medio. El mineral es una hematita calcárea, alcanzando el contenido de cal hasta 20%.

Generalmente hablando, con excepción de los depósitos de Cumberland, todos los minerales de fierro explotados en la Gran Bretaña, son minerales pobres, pues ensayan 3% de fierro y aún menos; la mayoría son carbonatos puros o alterados y contienen considerables cantidades de bióxido de carbono, el cual, junto con el agua, es expulsado al calcinar el mineral. Las impurezas como sílice, azufre y fósforo, no se presentan en tales cantidades que hagan que el mineral no se pueda trabajar, aunque tampoco son muy bajas. Dado el progreso de la industria siderúrgica inglesa, se sostendrá en lo futuro sin los minerales de alta ley, que son considerados necesarios en los Estados Unidos del Norte.

En Terranova existe uno de los depósitos más grandes del mundo, y probablemente es uno de los que se han desarrollado en mayor escala. El mineral se presenta en una serie de capas, una sobre otra, y éstas crestonean en el lado Norte de la isla de Belle Isle, en una longitud de 5 kilómetros aproximadamente. A pesar de que este mineral se encuentra comparativamente cerca de los puertos y distritos mineros ingleses, parece que no ha tenido mucha demanda allí, debido al alto porcentaje de sílice que contiene. Aproximadamente la tercera

parte de los minerales que extraen de esta región, se venden en Estados Unidos y Alemania, siendo Rotterdam el puerto por donde entran estos minerales a este último país.

Canadá es uno de los países que figuran en primera línea como productor de minerales de fierro, pues los depósitos que existen en el lado oriental han sido abandonados, debido principalmente al uso de los minerales de Terranova, que son más baratos y de mejor calidad.

India, es el primero de los dominios ingleses que contiene minerales de fierro de alta ley, los cuales están situados en Orissa y abastecen la "Lata Iron and Steel Co." El análisis en promedio de estos minerales es como sigue: fierro, 61.85% á 64.33%; fósforo, de 0.05% á 0.135%; azufre, de 0.02% á 0.036%, y sílice, de 1.64% á 4.08%.

Sud-Africa es uno de los países que ha sido poco explorado, con respecto a los minerales industriales y parece que no contiene grandes depósitos de fierro. Por las descripciones conocidas de algunos de ellos aparece que éstos son de escasa importancia, tanto por su calidad como por su cantidad. Sin embargo, estas notas deben admitirse con reserva, pues como dijimos antes, falta exploración en el país.

En Australia existen algunos criaderos importantes de fierro, especialmente en la parte Sur, donde la industria siderúrgica ha alcanzado gran desarrollo. Del cerro "Iron Monarch" se abastecen los hornos de la "Broken Hill Propietary Co." y se dice que dicho cerro contiene veinte millones de toneladas de mineral, el cual da 52 á 54% de fierro, 12.5 a 15% de manganeso y 2.3% de sílice. También existen minerales de fierro en otros Estados Australianos, pero no han sido desarrollados debido a la falta de mercado local y a las distancias a los puntos de embarque para exportarlos.

En Suecia, los minerales de fierro que existen en la región de Lapland son notables por su alto contenido de fierro. Se calcula que esta región de Lapland, que permanece aún parcialmente inexplorada, contiene sobre 1,158 millones de toneladas, teniendo los minerales por término medio 58% de fierro, pero algunos alcanzan hasta 68%. En las minas de Gellivare los minerales se clasifican en tres clases: A. con 68% de fierro y 0.02% de fósforo: C, con 65% de fierro y 0.06% de fósforo y D, con 63% de fierro y menos de 1.10% de fósforo; siendo el azufre menos de 0.06% en todos los casos. Además de esos grandes depósitos, existen en la parte Sur y central de Suecia muchos millones de toneladas de mineral con poco fósforo, como en Dannemora y en Parsberg donde se produce principalmente el famoso fierro sueco. Tanto en Suecia como en Noruega existen plantas de concentración de los minerales pobres magnéticos, las cuales tratan sobre 600,000 toneladas anualmente.

Las minas de Gellivare y de Kiruna están situadas en la región de Lapland sobre el círculo Artico. Los dos depósitos son muy semejantes. El mineral de ambas minas es principalmente magnetita, con pequeñas cantidades de apatita. El depósito de Kiruna es una masa de mineral de fierro en forma de dique, con un fuerte ángulo de inclinación, entre respaldos de pórfido cuarcífero (al alto) y pórfido sienítico (al bajo). El depósito de Gellivare se presenta en condiciones generales semejantes, con la diferencia de que las rocas han sido metamorfizadas y presentan una textura esquistosa.

El ferrocarril que conecta el puerto de Narvik en la costa de Noruega con Luleá en el Golfo de Bothnia, pasa por ambas minas.

La explotación anual de estas minas está limitada por la ley, a un máximo de 1.300,000 toneladas para Gellivare y 5.000,000 de toneladas para Kiruna.

El puerto de Luleá, distante 204 kms.de la mina de Gellivare, está cerrado al tráfico de noviembre a mayo, debido al hielo. La mayor parte de estos minerales va a Alemania.

El mineral de Gellivare se presenta en una serie de lentes conectadas entre sí y encerradas en esquistos de origen ígneo. La longitud de la zona mineralizada es de 5 kilómetros y el ancho medio de las lentes es de cerca de 60 metros. El rumbo general del cuerpo mineralizado es de E-W y el echado medio es de 65° al S. Las reservas desarrolladas se estiman en 250.000,000 de toneladas, habiendo aún más mineral por desarrollar.

La mina de Kiruna queda a 168 kilómetros del puerto de Narvik, teniendo este puerto la ventaja sobre el de Luleá de estar abierto a la navegación por todo el año y más cerca de los mercados de Inglaterra y de América.

Se estima el mineral desarrollado en esta mina en 750.000,000 de toneladas, habiendo aún posibilidades de mayor desarrollo. La explotación se lleva a cabo exclusivamente a tajo abierto y la mayor parte de la producción va a Alemania. Los minerales con alto por ciento de fósforo encuentran mercado favorable en Alemania, donde los convertidores básicos dan una escoria que utilizan por su contenido en fósforo para fabricar fertilizadores.

Noruega no se considera actualmente como productor de fierro, no obstante que en ese país existen cientos de millones de toneladas de mineral que contiene 40 % de fierro, pero por razón de comparación con los ricos minerales de Suecia, que tienen 60 % de fierro y aún más, resulta que los depósitos de Noruega no son por ahora, considerados de importancia.

Los varios depósitos ferríferos de Rusia encierran 1,747 millones de toneladas de mineral, estando distribuidas esas reservas en Krivol Big Basin, Región del Ural, Rusia Central y Polonia. En las regiones de Rusia Central, muchos de los depósitos contienen minerales pobres con poco fósforo, por lo cual son usados en pequeños hornos locales.

En Francia, las regiones ferríferas principales son las de Brieg y Meurthe et Moselle. El mineral es una hematita hidratada oolítica, que contiene 33 á 40% de fierro; 9 á 14 % de cal; 4 á 7% de sílice y 1.7 á 1.9% de fósforo. Una peculiaridad de este mineral, que lo recomienda para las plantas de fierro y acero, es que la relación de fierro al fósforo es tan regular, que no es necesario en los trabajos hacer análisis diariamente por fósforo. El territorio donde se encuentran estos criaderos de fierro, es para Francia de gran valor, tanto por la cantidad de minerales que contiene, como por su posición con respecto a los mercados europeos y a los centros manufactureros.

España ha sido considerado siempre como un país productor por excelencia, de minerales de fierro, y aunque se dice que sus minerales se están agotando, esto es relativamente cierto respecto de algunos de los depósitos más accesibles y cuyos minerales son de alta ley. Los minerales de España han sido usados por largo tiempo en Inglaterra, donde los clasifican con nombres distintos según su composición y aspecto. Hay otros distritos mineros en España, que no han sido tocados todavía, cuyas reservas se estiman en 226 millones de toneladas y que son tributarios de las costas del Atlántico.

En la isla de Elba existe un criadero de fierro, sobre el cual se trabajan diez minas y todas están situadas en el lado oriental de la isla. Los minerales se exportan principalmente a Italia y contienen 93% de óxido de fierro, 4.6 % de sílice y 0.03 % de ácido fosfórico. La producción anual es sobre medio millón de toneladas y la explotación está restringida a este tonelaje, debido a la creciente escasez de minerales que pertenecen a intereses italianos. La exportación está prohibida prácticamente y todo el fierro se utiliza en hornos italianos.

Grecia ha exportado minerales de fierro por algunos años. Dichos minerales contienen entre 2 y 3% de cromo, con pequeñas cantidades de niquel y cobalto y se emplean para usos especiales.

Los minerales de Tunez son hematitas manganesíferas de excepcional pureza, con respecto al contenido de azufre y fósforo. Casi todos los depósitos están cerca de la frontera con Argelia y a unos 288 kms. al S. W. de Tunez. En Bjebel Djerissa, el mineral contiene 55 á 60% de fierro; 2 á 3% de manganeso; 1 á 2.5 % de sílice y un máximo de 0.025 % de fósforo.

En Argelia los depósitos se encuentran principalmente a lo largo de la costa, desde la frontera con Marruecos hasta la de Túnez. En el Departamento de Orán, que es el más occidental, se conocen varios depósitos, pero han sido poco explorados. En uno de ellos que ha sido reconocido, el mineral contiene de 43 á 56 % de fierro; 1.5 á 2.6% de manganeso; 5.7 á 3.6 % de sílice; 0.092 % de azufre; 0.097 á 0.56 % de fósforo y 0.005 á 0.014 de arsénico. En la región oriental existen otras minas con mineral semejante, y en total se conocen de 25 a 30 distritos, muchos de ellos de considerable extensión. En 1912 la producción fué sobre un millón de toneladas, siendo todo el mineral de menos de 0.075 % de fósforo. Estos depósitos no han podido desarrollarse debido a las ideas fanáticas de los habitantes de ese país; pues las concesiones sobre estos depósitos, a favor de países extranjeros, han sido objeto de dificultades internacionales.

China es uno de los países favorecidos por la naturaleza, pues tiene tantos criaderos de fierro como de carbón; lo que no sucede en Suecia y Brasil donde les falta carbón; ni en Sud-Africa, donde tienen suficiente carbón pero les faltan minerales de fierro. Se estima que los depósitos de Han-Yeh, Ping Iron and Steel Co., tienen 100 millones de toneladas de buena hematita, la cual ensaya: 60 á 62% de fierro; 0.05 á 0.25% de fósforo; 0.05 á 0.12% de azufre; 3 a 5% de sílice y 1 a 2% de alúmina.

Los principales criaderos de fierro de Cuba existen en Mayari, Moa, Baracoa, Daiquiri, Juragua y El Cuero; los cuales, por su posición, son tributarios de la industria siderúrgica norte-americana.

Los criaderos de fierro del Brasil en la Provincia de Minas Geraes, han sido objeto de mucha discusión con respecto a su valor económico. Estos criaderos son de gran magnitud y mucho mayor valor del que parecía indicar el tonelaje estimado, siendo la principal evidencia de ello, la inversión del capital extranjero en condiciones, que en general, no se considerarían económicas.

Se ha dicho que esos criaderos son los únicos rivales en el mundo, de la supremacía en cantidad, de la región del Lago Superior.

Después del Brasil, la República de Chile es la más importante en Sud-América, en lo relativo a criaderos de fierro, pues en dicha República existen varios criaderos de importancia, con minerales de alta ley, y cercanos a los puntos de embarque.

En Estados Unidos los principales criaderos de fierro son: los de la región del Lago Superior, los depósitos de magnetita de los Apalaches en la región de Adirondack, los minerales de Oriskany en Virginia, las hematitas de Alabama, y las regiones del Valle de Mississippi y de Texas.

Incluimos al final de este estudio, una carta tomada del Engineering and Mining Journal, Vol. 105, núm. 25, la cual muestra la situación económica mundial con respecto a la materia prima de la industria del fierro y del acero.

A fin de ilustrar más el criterio de las personas interesadas en estos asuntos, damos a continuación la siguiente tabla, tomada de la publicación que acabamos de citar, en la cual se puede ver la composición media de minerales de fierro, procedentes de distintas partes del mundo.

PROMEDIO DE ANALISIS DE MINERALES DE FIERRO TIPICOS.

DISTRITO.	Fierro. %	Oxido de Fierro. %	Silice. %	Fósforo o Acido Fosf. %	Azufre. %	Alúmina. %	Cal. %	Magnesia. %	Humedad. %	Isolubile. %	Manganeso. %	Acido carbónico. %
Cumberland, Inglaterra.	50.3	.....	.....	0.013	Huellas	.....	.....	.....	6.8	16.6	.....	.....
Cornwall, Bodmin, Inglaterra.	.....	87.78	5.90	.....	Huellas	.....	Huellas	Huellas	5.10	.....	.....	.....
Haytor, Devon, Inglaterra.	46.0	.....	0.28	0.08	.....	.....	.....	.....	.....	44.0	0.35	.....
Cleveland, Yorkshire, Inglaterra.	.....	42.98	9.45	1.44	0.06	6.80	6.15	4.17	4.50	.....	0.47	23.00
Ironstones of the Coal Measures, Inglaterra.	.....	36.14	.....	0.34	.....	0.52	2.70	2.05	.....	25.27	Oxido 1.38	26.57
Linconlnshire, Inglaterra.	.....	47.14	11.95	0.87	0.10	4.08	11.45	2.97	12.40	.....	1.72	6.87
Raasay, Escocia.	.....	32.6	6.5	2.3	0.2	5.6	17.6	2.0	4.5	.....	.....	28.3
Belle Isle, Newfoundland.	.....	71.88	18.80	0.94	0.02	.....	1.12	.....	.....	.....	.....	.....
Nictaux, Nueva Escocia, Canadá.	49.20	.....	.....	0.92	0.77	.....	.....	.....	.....	15.60	.....	.....
Londonderri, Nueva Escocia, Canadá.	46.93	.....	15.97	0.27	0.02	3.62	.....	.....	.....	.....	1.90	.....
Bathurst, Nueva Brunswick, Canadá.	47.4	.....	17.0	0.84	0.2	.....	.....	.....	.....	.....	2.5	.....
Mina Helena, Ontario, Canadá.	53.60	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Orissa, Bengala, India.	61.85	.....	1.64	0.05	0.02	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

DISTRITO.	Fierro. %	Oxido de Fierro. %	Silice. %	Fósforo o Acido. Fosf. %	Azufre. %	Alúmina. %	Cal. %	Magnesia. %	Humedad. %	Isoluble. %	Manganeso. %	Acido carbónico. %
Jubbulpore Ores, India.	60.7	.....	7.5	0.08	0.02	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Iron Monarch, Australia Meridional.	52.0	.....	2.3	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	15.0	.....
Cadia, Nueva Gales del Sur,	.....	79.71	7.45	0.30	0.05	1.49	0.25	.....	8.72	.....	0.54	.....
Buchan, Victoria.	.....	99.04	1.03	0.04	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Wilgi Mia, Australia Occidental.	64.0	.....	1.00	0.05	0.02	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Beaconsfield, Tasmania.	55.0	.....	.....	.....	0.14	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Parapara, Nueva Zelanda.	.....	73.0	9.56	0.35	0.21	3.36	0.51	0.10	11.84	.....	0.65	0.10
Kirunavaara, Suecia.	.....	76.81	0.91	0.02	0.02	0.18	0.60	0.62	.....	.....	0.13	.....
Gellivare, Suecia.	.....	73.00	0.07	0.04	0.03	0.44	0.60	0.66	.....	.....	0.08	.....
Dannemora, Suecia.	50.0	.....	.....	0.002	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Arendal, Noruega.	43.24	.....	13.60	0.01	0.03	3.20	10.40	7.93	.....	.....	1.66	.....
Dunderland, Noruega.	35.0	.....	.....	0.3	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Sydvaranger (concentrado).	68.0	.....	2.5	0.03	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	35.0	.....	.....	0.05	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Krivoi Rog Basin, Rusia (concentrado).	70.0	.....	.....	0.02	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	....	85.0	4.0	.....	.....	2.2	0.02	.....	.....	.....	.....	.....
Nicolaiev, Rusia Meridional.	66.0	.....	3.0	0.01	0.02	.....	.....	.....	.....	.....	0.07	.....
Península Kertsch, Rusia.	42.0	.....	14.0	2.7	.....	4.0	3.0	.....	.....	.....	3.0	.....
Czenstochow, Polonia.	50.0	.....	5.0	3.0	0.10	12.0	9.0	.....	.....	.....	10.0	.....
Briey, Francia.	40.0	.....	4.0	1.7	.....	.....	9 0	.....	.....	.....	.....	.....
St. Remy, Normandia.	55.0	.....	10.0	6.0	3.0	2.5	.....	.....	3.0	.....	.....	.....
Viscaya, España.	.....	78.03	5.91	0.03	0.03	0.21	3.61	1.65	4.60	.....	0.86	5.00
Santander, España.	55.0	.....	5.0	0.04	0.08	.....	.....	.....	.....	.....	0.7	.....
Gergal, España.	58.0	.....	8.0	0.018	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1.0	.....
Murcia, España.	56.0	.....	8.0	0.15	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0.3	.....
Huelva, España.	57.0	.....	13.0	0.015	0.1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Gerona, España.	52.0	.....	9.0	0.2	0.03	.....	.....	.....	.....	.....	2.0	.....
San Thiago, Portugal.	55.0	.....	3.0	0.01	0.5	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Cogne Mines, Italia.	55.0	.....	.....	0.005	0.03	.....	.....	.....	.....	.....	0.2	.....
Río Albano, Elba.	.....	93.3	4.3	0.03	.....	0.60	.....	.....	.....	.....	.....	1.50
Calamita, Elba.	.....	87.8	8.0	0.002	.....	2.0	.....	.....	.....	..	.....	2.0
La Nurra, Cerdeña.	49.0	.....	12.0	1.90	0.25	7.0	3.0	Ci.	Ni.	Ti.	.....	.....
Minerales cromíferos de Grecia.	52.0	.....	11.0	0.03	0.05	1.0	.....	3.0	1.20	0.30	.....	.....
Céfiros, Grecia.	53.7	.....	7.02	0.067	0.179	.....	.....	.....	.....	.....	0.93	.....
Djebel Djerissa, Túnez.	60.0	.....	2.5	0.025	.....	.....	40.0	.....	.....	.....	3.0	.....
Sebabna, Argelia.	56.7	.....	3.6	0.056	0.018	.....	.....	.....	.....	.....	2.6	.....
Dept. Algiers, Argelia.	59.0	.....	8.2	0.07	0.37	4.30	6.3	2.1	.....	.....	1.3	.....
Djebel Cuenza, Constantino, Argelia.	60.0	.....	0.7	0.005	0.019	.....	2.2	0.4	.....	1.62	.....	.....
Mineral de Uixan, Marruecos.	67.0	.....	.....	0.02	0.11	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Mineral de Netta, Marruecos.	63.62	.....	.....	0.023	0.06	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Mineral de Rogelia, Marruecos.	60.0	.....	.....	0.012	0.01	.....	.....	.....	.....	.....	5.04	.....
Togoland, Africa Occidental	.....	89.5	9.47	0.03	.....	0.24	.....	.....	.....	.....	0.16	.....
Ta-Yeh, China.	62.0	.....	5.0	0.25	0.12	2.0	.....	.....	.....	.....	0.4	.....
Mayari, Cuba.	.....	71.89	2.7	.....	.....	7.13	.....	.....	12.90	.....	.....	.....
Durango, México.	60.0	.....	3.0	0.20	0.20	.....	.....	.....	.....	.....	0.15	.....
Monclova, Monterrey, México.	63.39	.....	3.85	0.02	0.18	.....	.....	.....	.....	.....	0.27	.....
Minas Geraes, Brasil.	69.65	.....	0.24	0.125	.....	.....	.....	.....	0.38	.....	.....	.....
Tofo, Chile.	67.47	.....	2.0	0.008	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0.12	.....
(a) Mesabi, Lago Superior.	58.83	.....	6.8	0.062	0.069	2.23	0.32	0.32	.....	.....	0.82	.....
(a) Vermillion, Lago Superior.	63.79	.....	4.9	0.052	.....	2.93	0.23	0.05	.....	.....	0.11	.....
(a) Marquette, Lago Superior.	57.05	.....	10.16	0.105	.....	2.18	.....	.....	.....	.....	.....	.....
(a) Menominee, Lago Superior.	52.13	.....	16.77	0.074	0.012	1.41	1.31	2.70	.....	.....	0.19	.....
Cornwall, Penn.	64.9	.....	3.89	0.014	0.071	0.234	1.010	1.131	.....	.....	0.158	.....
Oriskany, Va.	.....	52.86	33.26	1.312	0.014	5.26	0.28	.....	1.90	.....	0.61	0.21
Barton Hill, Va.	68.24	.....	0.59	0.038	.....	0.028	0.14	.....	0.38	4.32	.....	.....
Birmingham, Alabama A	45.0	.....	25.0	0.25	0.5	2.0	20.0	1.0	0.5	....	.....	.....
Birmingham, Alabama D	32.0	.....	2.0	1.5	Huellas	5.0	5.0	3.0	3.0	.....	.....	.....
Minerales Texanos, Texas.	.....	66.39	14.47	0.172	0.083	8.17	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Montaña de Providencia, California.	68.42	.....	3.04	0.044	0.059	0.568	0.444	0.201	.....	.....	0.278	.....

(a) Todos tomados de E. C. Eckel, "Iron Ores, 1914.

Los centros metalúrgicos de las explotaciones de fierro conviene que estén cerca de los yacimientos, pues se gasta casi tanto carbón como toneladas de fierro de lingote se producen. Para obtener, por ejemplo, 10,000 toneladas diarias de pig iron (fierro de lingote), se necesitaría la misma cantidad de carbón. Si no está el carbón cerca, la fundición, naturalmente, debería estar o cerca del carbón o cerca del fierro; si está cerca del yacimiento de fierro, hay que llevar el carbón o viceversa, y esto, en cualquier caso, podría resultar antieconómico, pues los gastos de flete, aun con equipo propio, serían un recargo al mineral o al combustible; pero hay además otra circunstancia desfavorable, y es que hay que aumentar los gastos, puesto que para transformar el fierro de lingote en acero (Bessemer) se necesita combustible, lo mismo que para convertir los lingotes de fierro en obras de arte o en implementos para la agricultura e industria. Por otra parte, si no se quiere fundir el mineral en planta propia, hay que venderlo; y naturalmente, si las comunicaciones son malas, el valor del mineral no resiste el costo de mina y de transporte, sobre todo con procedimientos antieconómicos, es decir, si no se trabaja a gran escala y con equipo moderno.

Damos a continuación una lista de las localidades donde se han encontrado especies minerales de fierro en México, sin que podamos asegurar la importancia industrial que pueda tener cada una de esas manifestaciones.

HEMATITA. Fe_2O_3

AGUASCALIENTES.—**Part. de Ocampo**: Mral. de Asientos de Ibarra; Mun. y Mral. de Tepezalá, Veta Nopal.

BAJA CALIFORNIA.—**Dist. Norte**: Mun. Ensenada; Mral. El Socorro, mina Garibaldi, Mral. Las Palomas, mina Alejandra; Real del Castillo, mina Hattie; Mral. Ensenada, mina Eloisa, Mral. San Fernando, minas: Copper Queen, San Fernando del Cobre; Punta Banda; Puerto San Isidro, Escorpión, Garibaldi, Adela.

Dist. Sur: Mral. San Antonio, minas Comstock, Gobernadora, Espinoseña, Brasilera, Enriqueta, Picacho, Ranchería, Guadalupe, San Luis, Carmen, El Voladero, Amelia; Mral. Santa Rosalía, Mun. Comondú; Mral. El Sauce; Isla de Cedros, mina Márcara de Hierro, Bahía de Mulegé.

COAHUILA.—**Dist. del Centro**: Mun. Saltillo, minas: Veta Grande, Puerto Rico, Purísima.

Dist. Monclova: Mral. de Sierra Mojada, minas: Fortuna, El Vesper; Sierras de la Gloria y de la Candela. Mun. Candela, Mral. Carrizal; minas: El Brillante y la Fierrosa; Mral. de Pánuco, minas de The Pánuco Copper Co.

Dist. de Viesca: Mun. de Viesca; Sierra de las Víboras.

COLIMA.—**Dist. de Alvarez**: La Parota del Mamey.

CHIHUAHUA.—**Dist. de Andrés del Río**: Minas: San Gabriel, La Gloria, Esperanza, Guadalupe, Mascota, Cuchilla, Avila, Melchor Ocampo, San Miguel, Socorro, Cometa, Santo Niño, Nopalera.

Dist. de Arteaga: minas: Blanca, Guerra al Tirano, Carmen, Santa Rita, Realito, Palmarejo, Negociación de Humapa, Para con los Muertos, Monterde, La Patria, Purísima, Esperanza; Mral. Yoricachic, en Chínipas.

Dist. de Benito Juárez: minas: Bravos, Mina Grande, San Miguel, El Burro, San Saturnino, San Nicolás, Durana, Sanduram, La Gloria, San José Antonio.

Dist. de Bravos: Sierra de Tosesigua; Aguaje del Mesteño, Estación Moctezuma.

Dist. de Camargo: minas: Chanate, Carmen, Guadalupe, San Antonio; Mral. Sierra de Naica, minas: Purísima, Santa Rita, Santa Rosalía, San Antonio, Santa Eduwiges, Guadalupe, Sierra de Encinillas; Mun. Julimes, mina El Barril.

Dist. de Guerrero: minas: San Francisco, Guaynopita, San Isidro, La Soledad, Altagracia, Tenoxtitlán.

Dist. de Hidalgo: minas: San Cristóbal, Santa Lucía, San Juanico, Las Cruces, Cabadeña, Cabrestante, La Seca, La Hundida, Palo Blanco, Consuelo, Santa Gertrudis, Veta Grande, Verde, Coronillas, Preseña, San Francisco, Alfareña, La Vizcaina, Nopal, Quebradilla, Terrenate, Esperanza, Hidalgo, La Unión, Santo Niño, Sainas, Las Cuadras,

Pilar, San Silvestre, Refugio, Los Remedios, San Dionisio, Mecatona, Porvenir, La Cuchara, Terrosa, Soledad, El Rayo, Veta Colorada de Minas Nuevas.

Dist. de Iturbide: minas: Estrella, Animas, San Gonzalo, Santa Eduwiges, Palo Blanco, Santa Eulalia, San Francisco del Torreón, Mercedes Grande; Sierra Gorda; Mral. de los Reyes, La Jibosa, Sierra de los Carneros, Cerro Prieto; Alrededor de Chihuahua; Mral. Magistral, minas: Carlos Pacheco, Providencia, La Morada, M. Bárcena, Orizaba, El Pelón, Cata sin nombre, Soledad, Lomas Coloradas, 5 kilómetros al N. E. de Cuchillo Parado, mina Cobrina.

Dist. Jiménez: minas: El Galileo, El Padre, Adargas, Guadalupana, Saltillera, Santa María de los Angeles.

CHIAPAS.—**Dep. San Cristóbal las Casas**: mina La Libertad.

Dep. Soconusco: Mun. Acacoyahua: mina El Porvenir.

Dep. Pichucalco: mina Santa Fé.

DURANGO.—**Part. de Cuencamé**: Mun. de Cuencamé, minas: San Antonio, Azul Grande, Azul Chica, San Juan, San José Guardarraya.

Part. de Durango: Mun. Canatlán, minas: Eureka, Melchor Ocampo, Agonías, Reforma, Esfuerzo, Destino, La Gloria; Cerro de Mercado, Cerro de los Remedios.

Part. de El Oro: Mral. El Oro, mina La Candela.

Part. de Mapimí: Mun. Lerdo: Colton, Hda. Nueva, Mral. Mapimí, minas: Ojuela, Descubridora, Sepúlveda; Sierra de Balderas.

Part. de Nazas: Mun. de San Luis de Cordero, mina El Trueno.

Part. Nombre de Dios: Mun. Poanas, mina Santa Gertrudis.

Part. de San Juan de Guadalupe: Inmediaciones de Jimulco.

Part. de Santiago Papasquiaro: Mral. Guanaceví, mina: Sirena, Santa Rosa, La Luz, San Francisco, San Gonzalo, Paleros, San Luis, La Fortuna, Animas, Chicas, La Soledad.

Part. de Tamazula: Mun. Topia, mina Proveedora, Cueva de la Marinaja.

GUANAJUATO.—**Dist. de Allende**: Mun. Allende, Cerro La Mina, Hda. Landeta.

Dist. de Pozos: Mral. Pozos, minas: Santa Brígida, Escondida.

GUERRERO.—**Dist. de Alvarez**: **Mun.** Ahuacuotzingo, cerro de Tecpanchihui, Mun. Chilapa, Tacualoya.

Dist. de Bravos: Mun. Tepostepec; Pblo. Xochilapa; Mun. Zumpango del Río; Rancho El Naranjo, Chichiltepec; Mun. Tlacotepec.

Dist. de Guerrero: Cerro de la Laguna Seca al E. S. E. de Chilapa.

Dist. de Hidalgo: Mun. Coacoyula.

Dist. de Mina: Mun. Coyuca; Rancho Piedra Imán; Cuadrilla Santa Rosa; Mun. Ajuchitlán del Progreso.

Dist. de Taxco de Alarcón: Mral. de Taxco; Arrayanes cerca de Taxco; Serranía de Tlamacazapa.

HIDALGO.—**Dist de Atotonilco el Grande**: Cerro del Aguila.

Dist. de Ixmiquilpan; Mral. Cardonal, mina La Pinta, Dulces Nombres.

Dist. de Molango: Mun. Calnalí: Pblo. Tula.

Dist. de Pachuca: Mral. del Real del Monte, minas: El Rosario, Carretera, Vizcaina, Santa Inés, Santa Brígida, Maravillas, Jesús María, Ahuichote, Dificultad; Mral. Pachuca, minas: El Bordo, San Pedro, Guatimotzin, Rosario, Entrometida, San Nicanor, San Antonio.

Dist. de Zacualtipan: Cerro San Fernando.

Dist. de Zimapán: Mun. de Zimapán, minas: San Miguel, Santa Inés, Guadalupe, Santo Tomás.

JALISCO.—**Cantón de Ahualulco**: Mun. Etzatlán.

Cantón Ciudad Guzmán: Mun. Tonila, Cruz Azul, Mral. Pihuamo, Ahuijullo.

Cantón de Guadalajara: Lago Chapala, Axixi.

Cantón de Lagos: Mral. Carranza.

Cantón de Sayula: Pueblo Atemajac de las Tablas; Pueblo Chiquilistlán, minas: El Arroyo Verde, Mora. Colorada y Tacotes.

MEXICO.—**Dist. de El Oro:** Mral. de El Oro, minas: San Miguel, Socorro, Santa Rita, San José de Tránsito, Esperanza, Rosario, San José Coronado, Buen Suceso, Consuelo, Piedad, San Juan Nepomuceno, Dolores, San Rafael, San Antonio, Carmen.

Dist. de Sultepec: Mral. Zacualpan, mina Santa Inés; Mun. Tlatlaya; Rancho de Los Ocotes, mina San Pedro, Cerro Tecalcingo.

Dist. de Temascaltepec: Mral. Temascaltepec, mina Capitana.

MICHOACAN.—**Dist. de Ario:** Mral. Sierra del Pacífico, mina Las Truchas, Mun. La Huacana, Pblo. Inguarán.

Dist. de Coalcomán: Mun. Coalcomán, mina Esmeralda, Guadalupe, Crustil, Los Pantanos.

Dist. de Huetamo: Mun. Huetamo, villa Huetamo.

Dist. de Morelia: Mral. Acuitsio; Pueblo Etúcuaro, Cerro Blanco en la Hda. de San Antonio de las Huertas.

MORELOS.—**Dist. de Cuernavaca:** Cerros inmediatos a Tepoztlán.

Dist. de Morelos: Mun. Ayala, Pueblo Jalostoc.

NAYARIT.—**Part. de Santiago Ixcuintla:** Mun. y Mral. de Santiago Ixcuintla, mina El Fuerte

Part. de Tepic: Mun. Santa María del Oro, Rancho Mojarritas.

CAXACA.—**Dist. de Etla:** Pueblo Tepantepec; Pueblo Guelachi, Pueblo Telixtlahuaca.

Dist. de Juxtlahuaca: Cerro de la Nube.

Dist. de Nochixtlán: Pueblo Cahuaca y Zapotitlán; cerros de Santo Domingo y San Francisco.

Dist. de Teposcolula: Mun. Chilapa.

Dist. de Tlacolula: Mun. Tetipac.

Dist. de Tlaxiaco: Mun. Itundujía.

Dist. de Villa Juárez: Mral. Calpulalpan.

Dist. de Zimatlán: Mral. San Miguel Peras, Pueblo Santa María Zaniza; pueblos Lachilá, Elotepec, San Vicente Sachiso, Huixtepec, Vigallo, Loma Ayoquezco.

PUEBLA.—**Dist. Acatlán;** Saladillo, cerca de Tlamacingo, Cerro de Galván 8 km. al E. Xantetelco; cuesta del Toro.

Dist. de Alatriste: Mun. Ixtacamastitlán; Mun. Chignahuapan, mina El Porvenir, Tenería.

Dist. de Chiautla: Mun. Jolalpan; Mral. de Coyuca, Cerro de Guayabo.

Dist de Matamoros: Pueblo de Tepexco.

Dist. de San Juan de los Llanos: Mun. Tepeyahualco, mina La Hucha, Mun. Cuyuaco, Mina La Preciosa.

Dist. de Tetela: Mun. Zapotitlán; Mral. de Tetela, mina del Peral.

Dist. de Tlatlauqui: Mun. Hueyapan, mina Cerro de Ahuatepec.

Dist. de Zacatlán: Mun. Ahuacatlán.

QUERETARO.—**Dist. de Cadereyta de Méndez:** Mun. del Doctor; minas: San Juan Nepomuceno, Guadalupe de las Animas; Mun. Bernal.

Dist. de Tolimán: Mun. Peña Miller; Santa María de Miera.

SAN LUIS POTOSI.—**Part. de Catorce:** Mral. de Catorce; mina La Concepción.

Part. de Ciudad del Maíz: Mral. Guadalcázar, mina San Rafael.

Part. de Río Verde: Hacienda Cañada Grande.

Part. de San Luis Potosí: Mral. Cerro de San Pedro.

Part. de Santa María del Río: Mun. Reyes, mesa del Xacal, Arroyo de Cuerito; Bca. Prieta; Hacienda Bledos.

Part. de Venados. (Moctezuma): La Bufa.

SINALOA.—**Dist. de Cosalá:** Cerro de Alapa.

Dist. de Culiacán: Al S. 20 km. de Culiacán; Mun. Tepuche; Mun. Tapias, Cerro de la Calera.

Dist. de Sinaloa: Mral. San José de Gracia, minas: Santa Rita, Ceceña.

SONORA.—**Dist. de Alamos:** Minas: Prieta, La Palma; Mun. Aduana, mina Quintera.

Dist. de Arizpe: Mral. Sinoquipe, minas: Omega, Ceres, Mercedes, Bonanza, Fierro y Plata, Dos Repúblicas; Mun. Banamichi, mina Santa Elena.

Dist. de Guaymas: Cerro Colorado.

Dist. de Hermosillo: minas: Carmen, San Javier, La Palma, La Sierra, Rosario, Purísima, Providencia; Mral. La Barranca, mina Texcalama, Candelero; Mral. Las Prietas, minas: Las Prietas, San Juan, Florencia; Mun. Seris, mina California.

Dist. de Magdalena: Mun. Nogales mina Tumacacori.

Dist. de Sahuaripa: Mun. Trinidad, mina: Colón, Pueblo Arivechi.

Dist. de Ures: Mral. Suáqui, minas: Esperanza, Sierra Horcasitas, Gavilán, La Palma.

TAMAULIPAS.—**Dist. del Centro:** Mral. San José.

TLAXCALA.—**Dist. Juárez:** Mun. Huamantla.

VERACRUZ.—**Cantón de Jalapa:** Mral. y Mun. Tatatila, minas: Providencia y San Francisco.

Cantón de Jalacingo: Barranca de Zomelahuacán, mina La Cruz.

ZACATECAS.—**Partido de Fresnillo:** Cerro del Rincón del Aguila, Hda. Santa Cruz.

Partido de Juchipila: Mral. Mezquital, mina Mezquital.

Partido de Mazapil: minas: San Pedro, Cajón, Las Animas, Cerro del Pinito, Concepción del Oro, La Perla, La Nieve, Cerro Prieto.

Partido de Nieves: mina Veta Virgen.

Partido de Ojo Caliente: Minas: Coronel, Soledad, Unión, Almagre.

Partido de Pinos: Mral. de Angeles, minas: El Oro, Tajo, Ibarra, Veta Virgen.

Partido Sombrerete: Cerro a 6 kilómetros al S. O. del Cerro de Proaño.

Partido de Zacatecas: mina Gruñidos.

HEMATITA. Var. HIERRO ESPEJADO

BAJA CALIFORNIA.—**Dist. Norte:** Punta Banda.

Dist. Sur: Mun. Mulegé, Contrafuerte del Cerro La Giganta.

CHIHUAHUA.—**Dist. de Camargo:** Sierra Encinillas.

DURANGO.—**Part. de Durango:** Mun. Durango, Cueva de la Marmaja, Cerro Mercado.

Part. de San Juan del Río: Mun. San Juan del Río, 20 kilómetros al Norte de Coneto.

NAYARIT.—**Part. de Acaponeta:** Mina Vieja Huajicori.

Partido de Tepic: Rancho Ugarritos.

SAN LUIS POTOSI.—**Part. de Guadalcázar:** Mun. Guadalcázar.

Part. de Santa María del Río: Mun. Reyes, Boca Prieta, Hacienda Bledos.

Part. del Venado: Mun. Charcas.

HEMATITA (Var.) MICACEA.

COAHUILA.—**Dist. Viesca:** Sierra de las Víboras.

Dist. de Monclova: Carrizal.

COLIMA.—En forma de delgadas vetillas aparece en las rocas del Puerto de Manzanillo que están en la zona de contacto con las dioritas. Son muy fáciles de ver estas vetillas en el corte del Ferrocarril y enfrente de los Baños de las Flores.

DURANGO.—**Part. Durango:** Mun. Durango, Cerro de Mercado.

GUANAJUATO.—**Dist. de Guanajuato:** Mina de Todos los Santos.

JALISCO.—**Cantón Ciudad Guzmán:** Mun. Pihuamo, Tula.

MICHOACAN.—**Dist. Ario de Rosales:** Mina Inguarán.

Dist. Maravatío: Mun. Tlalpujahua, Mina de la Luz de Borda.

NAYARIT.—**Part de Acaponeta:** Huajicori.

MARTITA Fe_2O_3

AGUASCALIENTES.—Hacienda de las Pilas.
COAHUILA.—**Dist. de Monclova**: Minas El Vésper, El Cambio.
DURANGO.—**Part. de Durango**: Cerro de Mercado.
HIDALGO.—**Dist. de Pachuca**: Mral. de Pachuca, mina Rosario, Mral. del Real del Monte.

ILMENITA $(Fe, Ti)_2O_3$ **Romboédrico.**

JALISCO.—**Cantón de Guadalajara**: Barranca de Río Grande.

MAGNETITA. $FeO. Fe_2O_3$

AGUASCALIENTES.— **Part. de Ocampo**: Mral. de Asientos; Hda. del Pilar.
BAJA CALIFORNIA.—**Dist. Norte**: Mun. de Ensenada, Mun. y Mral. de San Fernando; Real del Castillo; Tiro Encantada. Mina Hattic.
Dist. Sur: Isla Margarita.
COAHUILA.—**Dist. Monclova**: Mun. Monclova, mina La Paloma, El Vésper, Cerro de Mercado en la Sierra de la Gloria; Sierra de Carrizal; mina Piedra Imán.
Dist. de Viesca: Mun. Matamoros, Mral. de Jimulco.
CHIAPAS.—**Dep. de Tuxtla**: Mun. Zintalapa, Hda. La Razón.
CHIHUAHUA.—**Dist. de Arteaga**: Mina Guerra al Tirano.
DURANGO.—**Part. de Durango**: Mun. Durango, Cerro de Mercado.
GUERRERO.—**Dist. de Alarcón**: Mina Aurea, cerca de Taxco; Pblo. Buenavista, minas: Natividad y Anexas.
Dist. de Bravos: Chilpancingo.
HIDALGO.—**Dist. de Jacala**: Mun. Jacala.
Dist. de Pachuca: Mral. de Real del Monte, mina Rosario.
Dist. de Zimapán: Ferrerías de la Encarnación y Guadalupe; cerro de Canjuedec; cerro de Cangandó.
JALISCO.—**Cantón de Autlán**: Mun. Ayutla, Rancho Ferrería.
Cantón de C. Guzmán: Mun. Tonila, Mral. Pihuamo, Cerro Piedra Imán.
MICHOACAN.—**Dist. de Ario**: Mral. Sierra de Las Truchas, mina Sierra del Pacífico.
MORELOS.—**Dist. de Morelos**: Mun. Villa de Ayala, Pblo. Xalostoc.
Dist. de Tetecala: Mun. Tetecala; Pblo. Cuautla; al N. de Sierra Tlaica.
NAYARIT.—**Part. de Ahuacatlán**: minas: El Borrego y Dulces Nombres.
Part. de Compostela: mina Veta de Fierro.
Part. de Santiago Ixcuintla: Mral. El Zopilote, mina Nueva Vizcaya.
NUEVO LEON.—**Mun. de Lampazos**: Sierra del Carrizal, mina La Fraternal.
OAXACA.—**Dist. de Etla**: Cañada de Peras.
Dist. de Tlaxiaco: Mina Palo de Yacué, cerca de la Ferrería de San Rafael.
Dist. de Zimatlán: Sta. Cruz Mixtepec.
PUEBLA.—**Dist. de Matamoros**: Cerro del Moreno, Cerro de Galván.
SAN LUIS POTOSI.—**Part. de Guadalcázar**: Mral. de Guadalcázar, Tecomate.
Part. de Salinas: Mral. Ramos.
Part. del Venado: Mral. Charcas.
SINALOA.—**Dist. de Cosalá**: Mral. Guadalupe de los Reyes; Mun. Cosalá.
SONORA.—**Dist. de Hermosillo**: Mun. Zubiate.
TAMAULIPAS.—**Dist. Centro**: Mun. San Carlos, Mral. San José; Cerro del Diente.
VERACRUZ.—**Cantón de Jalacingo**: Mun. Zomelahuacán; Mun. Las Minas, Barranca de Tenepanoya.

Cantón de Jalapa: Mun. Tatatila; mina Providencia.
ZACATECAS.—**Part. de Mazapil**: mina Cerro Prieto, Aranzazú.

CROMITA. FeO, Cr_2O_3

PUEBLA.—**Dist. de Acatlán**: Mun. Chinantla, cerros entre Chinantla y Tehuixtla.
Dist. de Chiautla: Mun. Chiautla.

SIDERITA. $FeCO_3$

AGUASCALIENTES.—**Part de Ocampo**: Mun. y Mral. de Tepezalá, veta del Nopal, veta Amarilla.
COAHUILA.—**Dist. de Monclova**: Mun. Múzquiz, minas: Cedral, Rosario, San Francisco; Mun. y Mral. de Sierra Mojada, mina San José.
Dist. Río Grande: Mral. Sierra del Carmen, mina San José.
CHIHUAHUA.—**Dist. Camargo**: Villa Rosales, minas: Descubridora, San Francisquito, Santa Rita, San Vicente, San Felipe, Los Pajaritos.
GUANAJUATO.—**Dist. de Guanajuato**: Mral. Guanajuato.
HIDALGO.—**Dist. de Pachuca**: Mral. Pachuca, Mral. Real del Monte, vetas Santa Brígida y Ahuichote.
JALISCO.—**Cantón Ciudad Guzmán**: Pueblo Pihuamo.
MICHOACAN.—**Dist. de Maravatío**: Mral. Tlalpujahua; Cerro del Campo del Gallo.
SONORA.—**Dist. de Guaymas**: mina La Nueva.
Dist. de Hermosillo: minas: San José de las Arenillas, Amarillas, la Providencia; Mral. Tarahumara, mina Santa Ana.
Dist. de Ures: Minas: Libertad, Tres Hermanos.
ZACATECAS.—**Part. de Fresnillo**: Mral. Fresnillo, minas del cerro de Proaño.

MICROFOTOGRAFIAS.

EXPLICACION DE LAS LETRAS EMPLEADAS EN LAS MICROFOTOGRAFIAS PARA REPRESENTAR LOS CONSTITUYENTES DE LAS ROCAS

Ar. Arcillas.

C. C. Calcita.

M. Masa formada de elementos cristalinos o desvitrificada.

Mg. Magnetita.

Or. Ortoclasa.

P. Piroxena (hedembergita-diopsída).

Pl. Plagioclasa.

Q. Cuarzo.

V. Masa vítrea.

Nota: El bálsamo del Canadá está representado por las letras **B. C.**

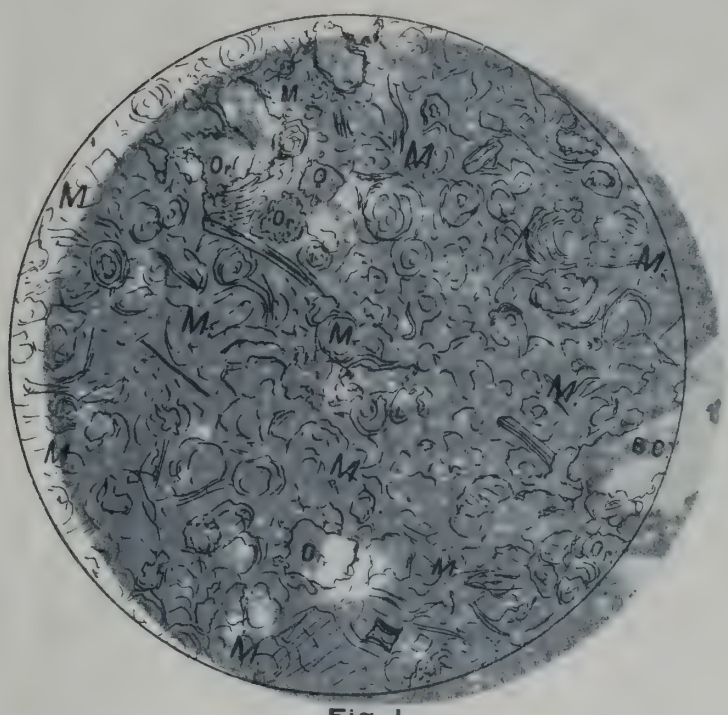


Fig. 1

Micro-fot. núm. 1. Toba de cristales. x 38. Luz natural.—Cerro Fray Diego, extremidad Sur.—La figura muestra claramente el carácter fragmentario de la roca

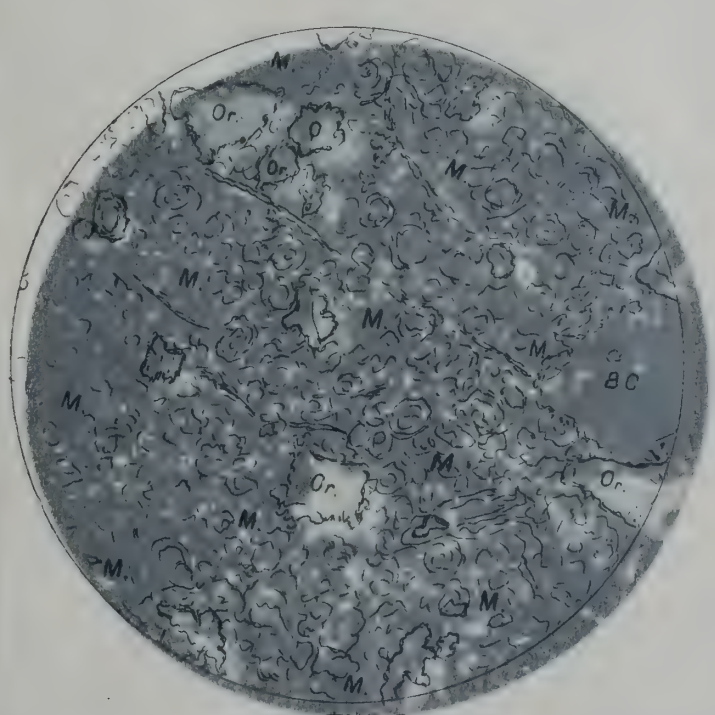
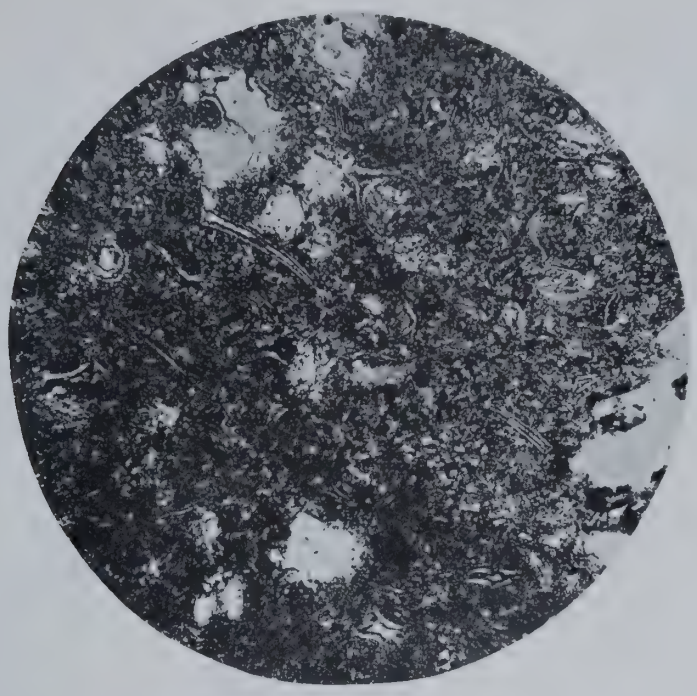


Fig. 2

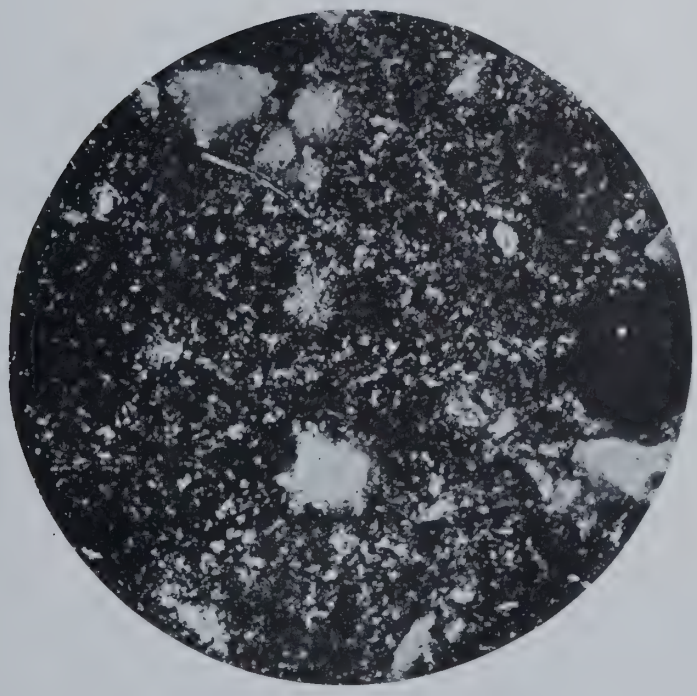
Micro-fot. núm. 2. Toba de cristales. x 38. Luz polarizada.—Cerro de Fray Diego, extremidad Sur.—En la fotografía se ve la masa desvitrificada.

FIG. 1

FIG. 2



Micro-fot. núm. 1. Toba de cristales. x 38. Luz natural.—Cerro Fray Diego, extremidad Sur.—La figura muestra claramente el carácter fragmentario de la roca.



Micro-fot. núm. 2. Toba de cristales. x 38. Luz polarizada.—Cerro de Fray Diego, extremidad Sur.—En la fotografía se ve la masa desvitrificada.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

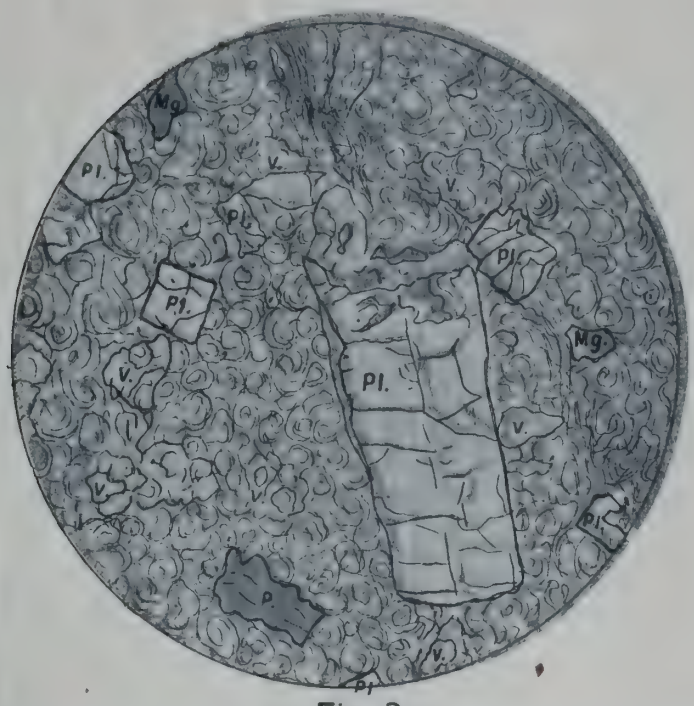


Fig. 3

Micro-fot. núm. 3.—Perlita cálcica. x 16.—Luz natural.—Cerro Fray Diego, dique que está más al Norte.—La fotografía muestra cristales de plagioclasa y de hedenbergita-diopsída sobre una masa vítrea con textura perlítica.

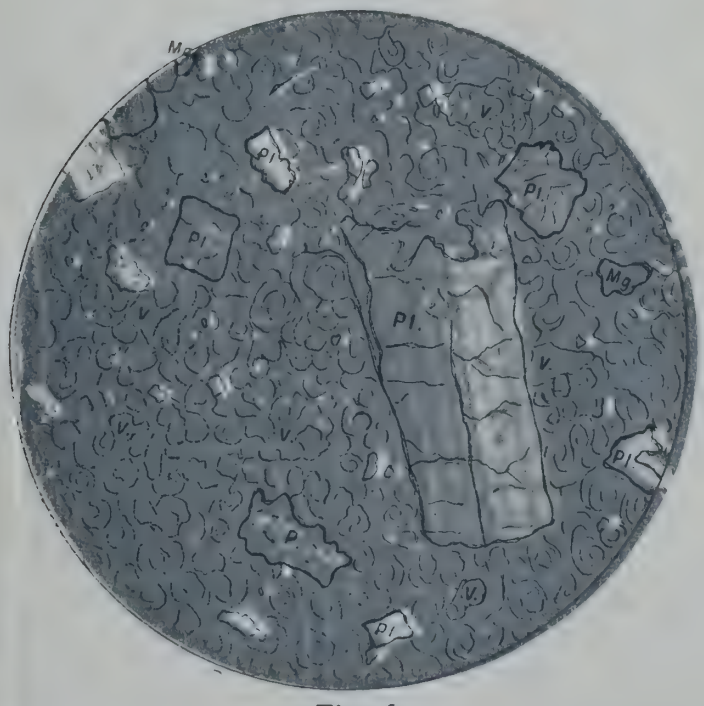
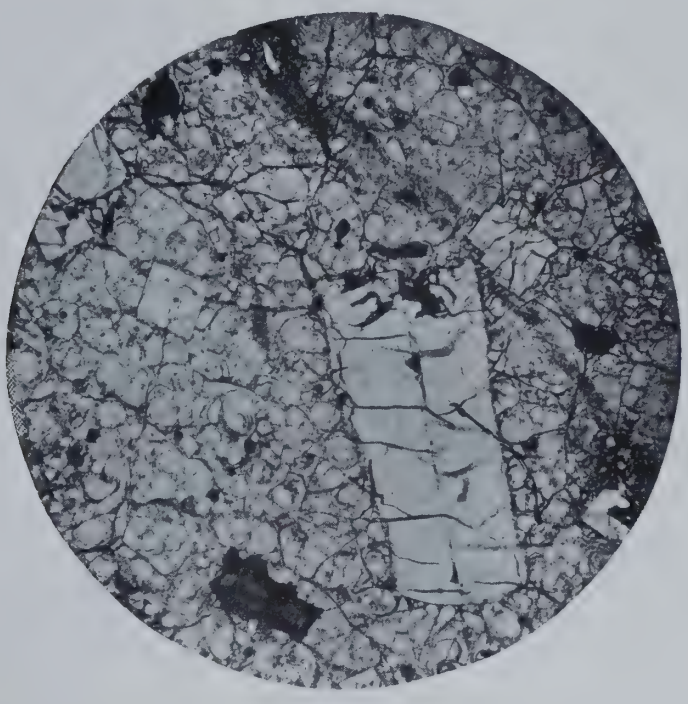


Fig. 4

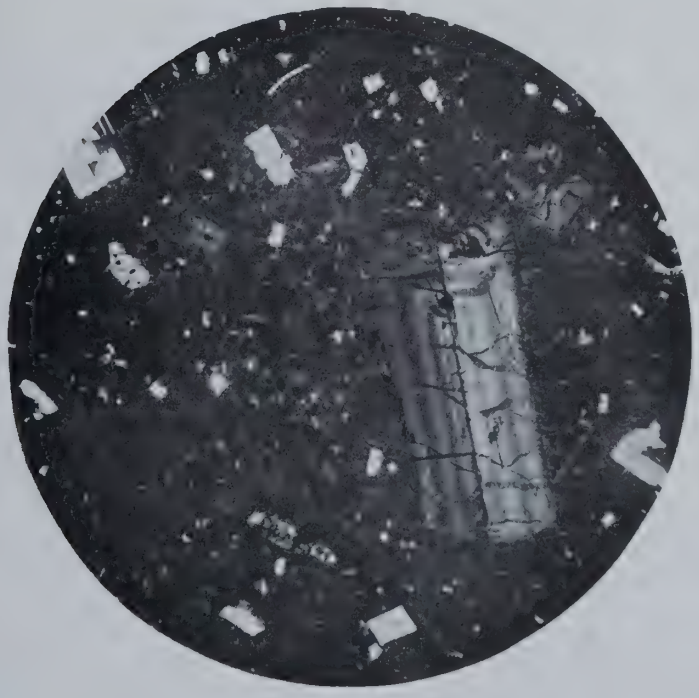
Micro-fot. núm. 4.—Perlita cálcica. x 16. Luz Polarizada.—Cerro de Fray Diego, dique que está más al Norte.—La fotografía permite ver claramente las zonas de la plagioclasa.

Fig. 3

Fig. 4



Micro-fot. núm. 3.—Perlita cálcica. x 16.—Luz natural.—Cerro Fray Diego, dique que está más al Norte.—La fotografía muestra cristales de plagioclasa y de hedenbergita-diopsída sobre una masa vitrea con textura perlítica.



Micro-fot. núm. 4.—Perlita cálcica. x 16. Luz Polarizada.—Cerro de Fray Diego, dique que está más al Norte.—La fotografía permite ver claramente las zonas de la plagioclasa.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

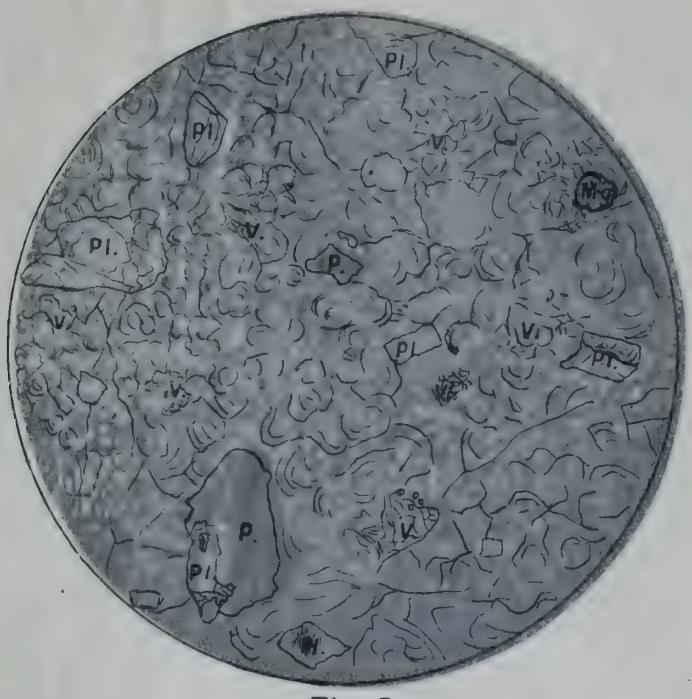


Fig. 5

Micro-fot. núm. 5.—Perlita cálcica. x 16. Luz natural—Cerro de Fray Diego, dique cerca de la extremidad Sur.—En la fotografía se ven cristales de plagioclasa y un cristal de hedenbergita-diopsída conteniendo a otro de plagioclasa.

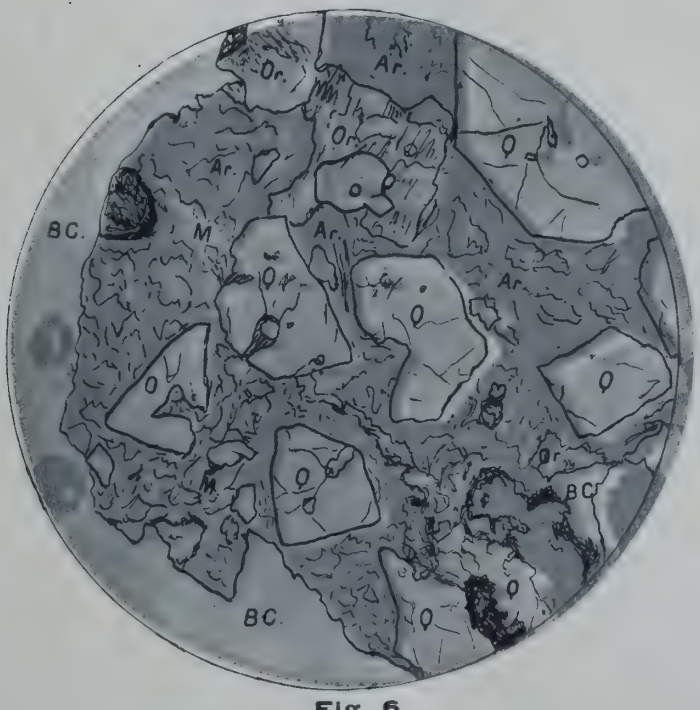


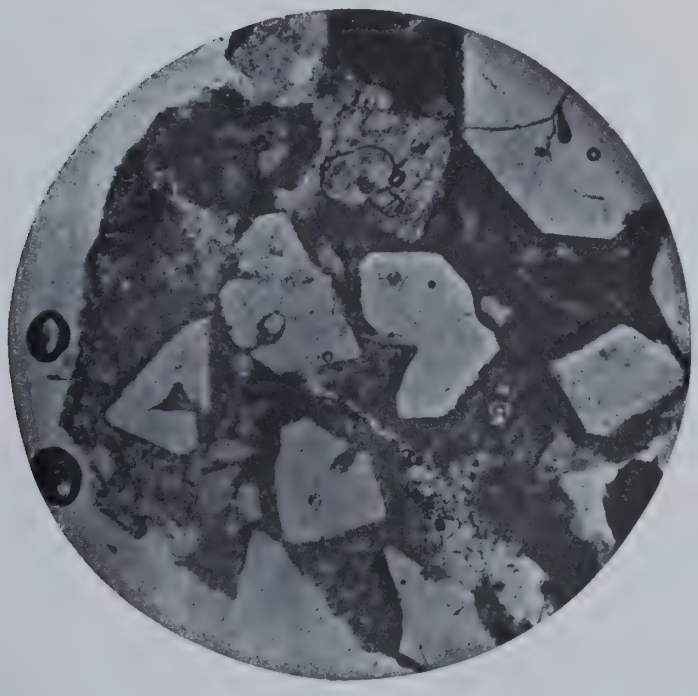
Fig. 6

Micro-fot. núm. 6.—Riolita porfirítica. x 17. Luz natural.—Cerro de las Minitas.—A la izquierda se ve un cristal de cuarzo con profundas bahías que explican el carácter anguloso de los fenocristales. Esta parte de la lámina es menos rica que otras en esta clase de cristales. —La masa se encuentra cubierta por arcillas.

Fig. 5

Fig. 6

Micro-fot. núm. 5.—Perlita cálcica. x 16. Luz natural—Cerro de Fray Diego, dique cerca de la extremidad Sur.—En la fotografía se ven cristales de plagioclasa y un cristal de hedenbergita-diopsída conteniendo a otro de plagioclasa.



Micro-fot. núm. 6.—Riolita porfirítica. x 17. Luz natural.—Cerro de las Minitas.—A la izquierda se ve un cristal de cuarzo con profundas bahías que explican el carácter anguloso de los fenocristales. Esta parte de la lámina es menos rica que otras en esta clase de cristales. —La masa se encuentra cubierta por arcillas.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

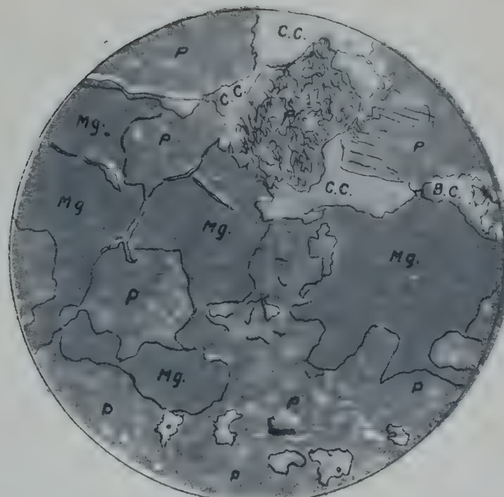


Fig. 7

Micro-fot. núm. 7.—Piroxenita. x 15. Luz natural.—Cerro de Mercado, afloramiento de la roca a 150 mts. al N. de la Cueva de los Biriles

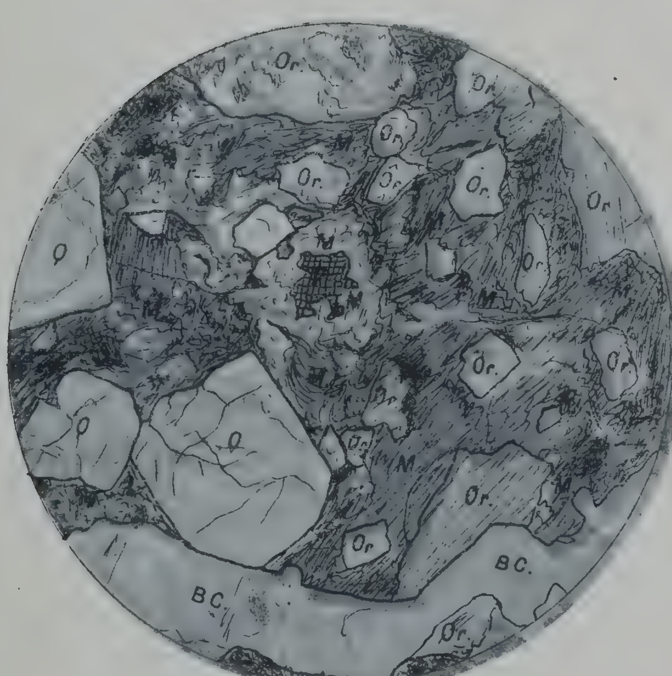


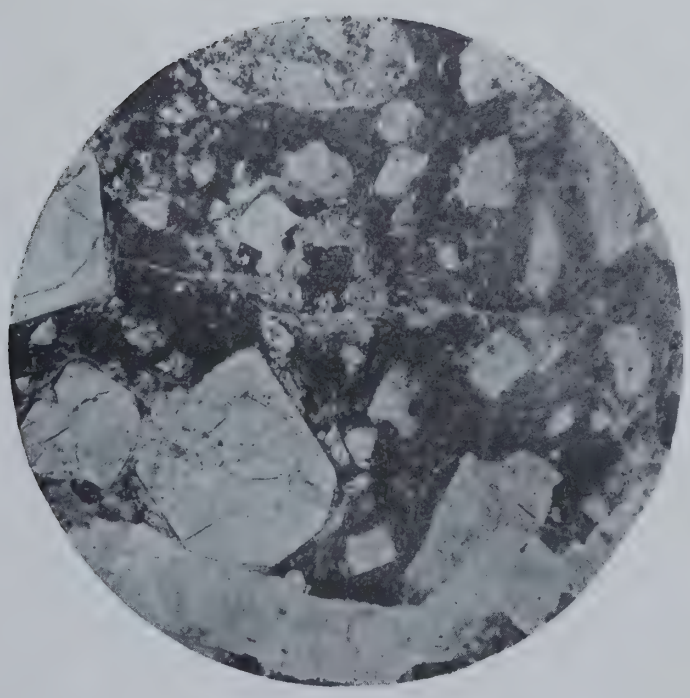
Fig. 8

Micro-fot núm. 8.—Pórfido cuarcífero. x 17. Luz natural.—Cerro de Mercado, crucero del Alicante.—En la figura aparece un cristal xenomórfico de piroxena, de origen secundario. También se ven líneas de escurrimiento.

Fig. 7

Fig. 8

Micro-fot. núm. 7.—Piroxenita. x 15. Luz natural.—Cerro de Mercado, afloramiento de la roca a 150 mts. al N. de la Cueva de los Biriles



Micro-fot núm. 8.—Pórfido cuarcífero. x 17. Luz natural.—Cerro de Mercado, crucero del Alicante.—En la figura aparece un cristal xenomórfico de piroxena, de origen secundario. También se ven líneas de escurrimiento.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

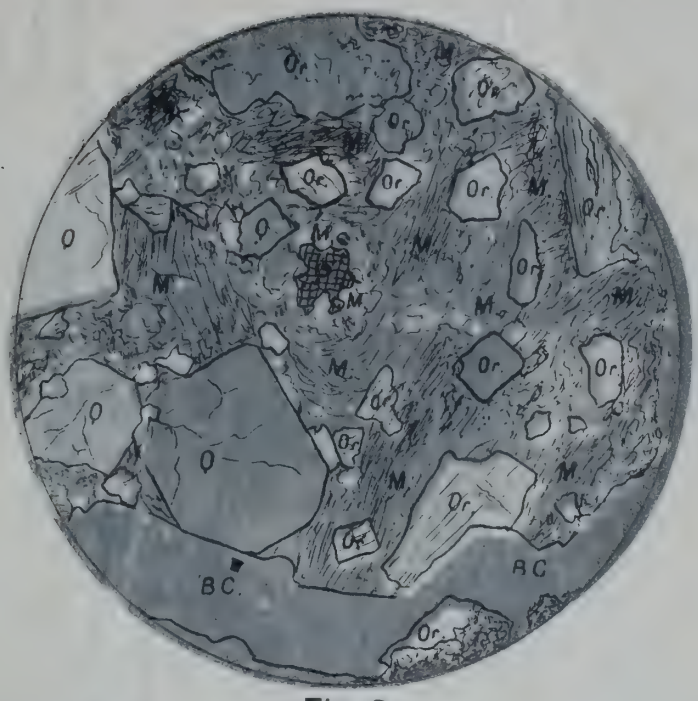


Fig. 9

Micro-fot. núm. 9.—Pórfido cuarcífero. x 17. Luz polarizada.—Cerro de Mercado, Crucero del Alicante.

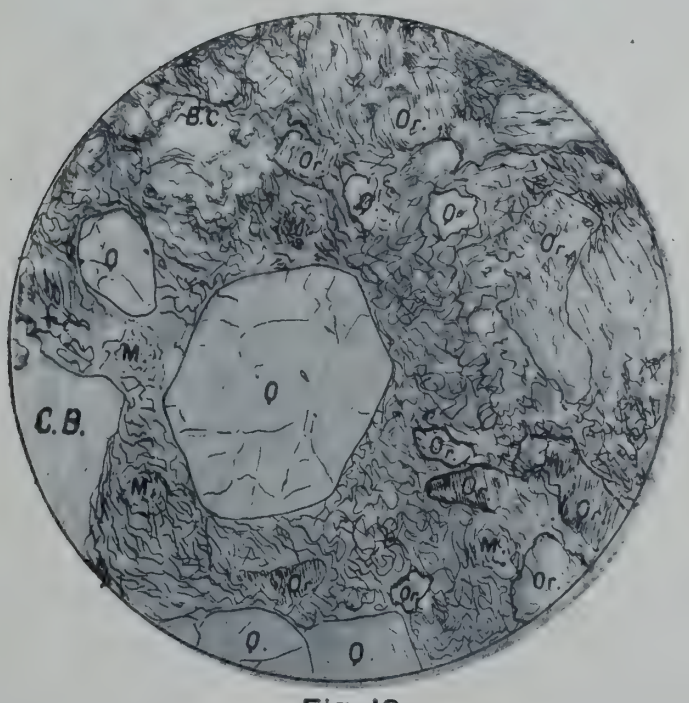
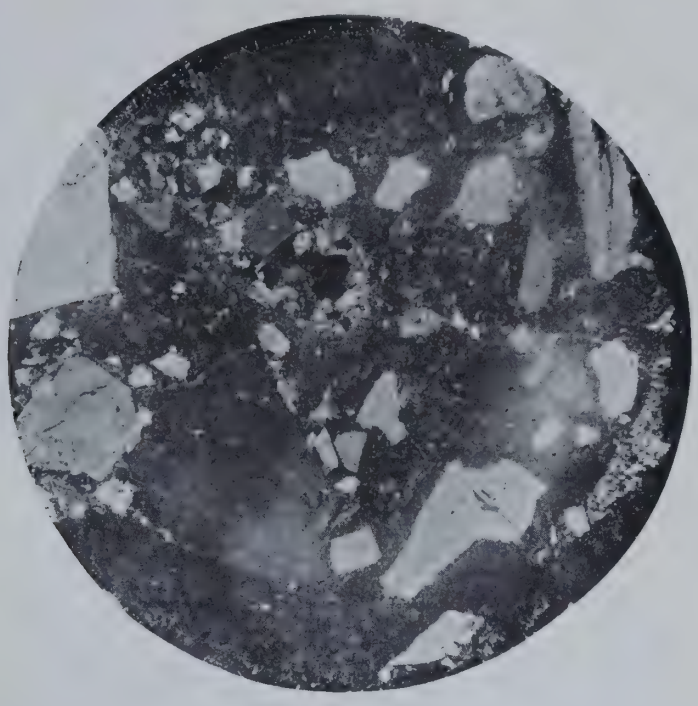


Fig. 10

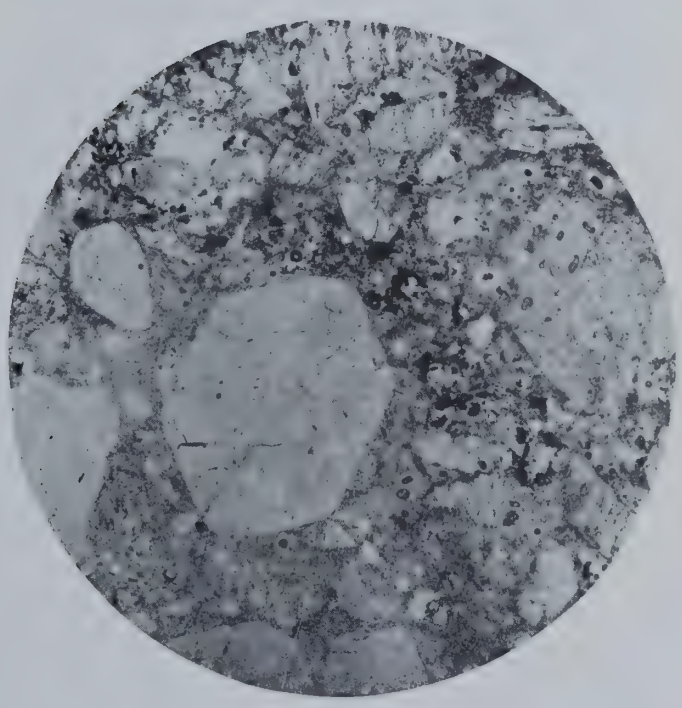
Micro-fot. núm. 10.—Pórfido cuarcífero. x 18. Luz natural.—Cerro de Mercado, Picacho de la Cruz. El pórfido está libre de impregnaciones.

Fig. 9

Fig. 10



Micro-fot. núm. 9.—Pórfido cuarcífero. x 17. Luz polarizada.—Cerro de Mercado, Crucero del Alicante.



Micro-fot. núm. 10.—Pórfido cuarcífero. x 18. Luz natural.—Cerro de Mercado, Picacho de la Cruz. El pórfido está libre de impregnaciones.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

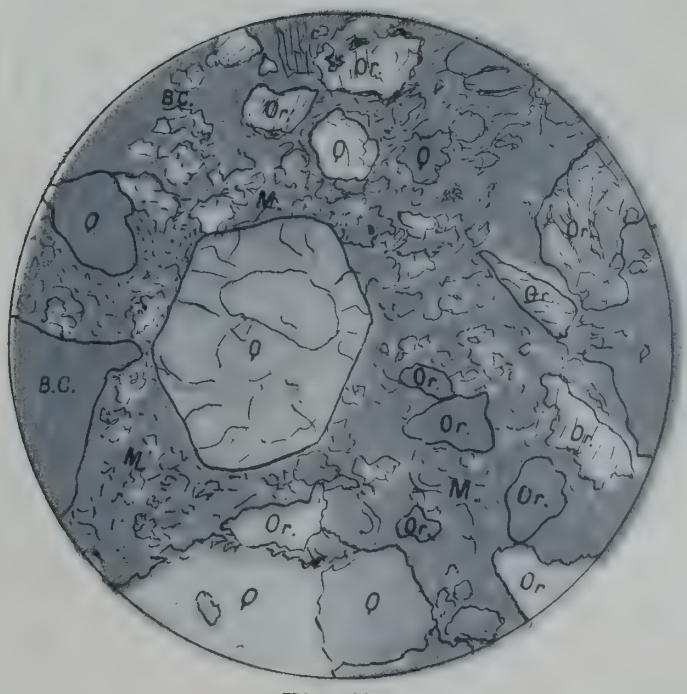
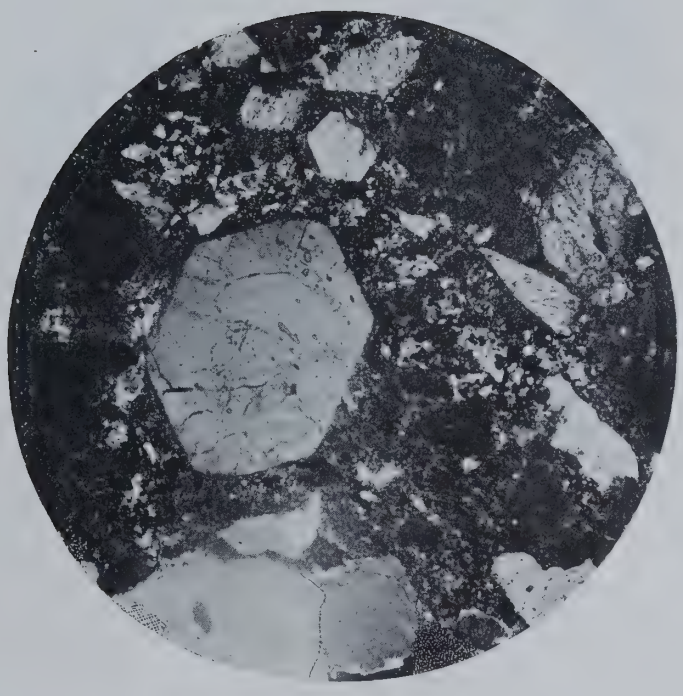


Fig. 11

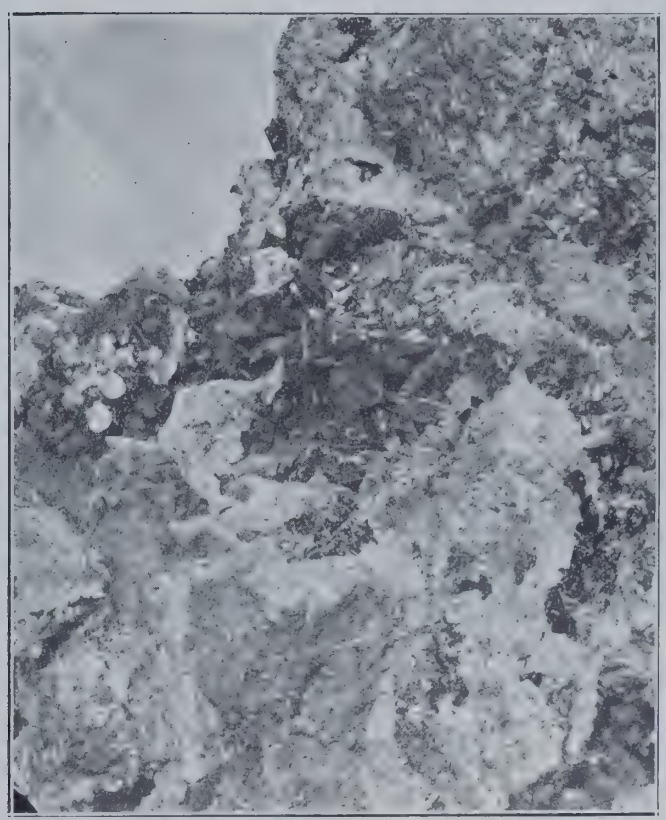
Micro-fot. núm. 11.—Pórfido cuarcífero. x 18 Luz polarizada.—Cerro de Mercado, Picacho de la Cruz.

O
O
O



Micro-fot. núm. 11.—Pórfido cuarcífero. x 18. Luz polarizada.—Cerro de Mercado, Picacho de la Cruz.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS



Fot. núm. 1.—Tamaño natural.—Geoda mostrando cristales de martita.—Socavón núm. 1.

FOT. NUM. 2.

FOT. NUM. 3.

FOT. NUM. 4.

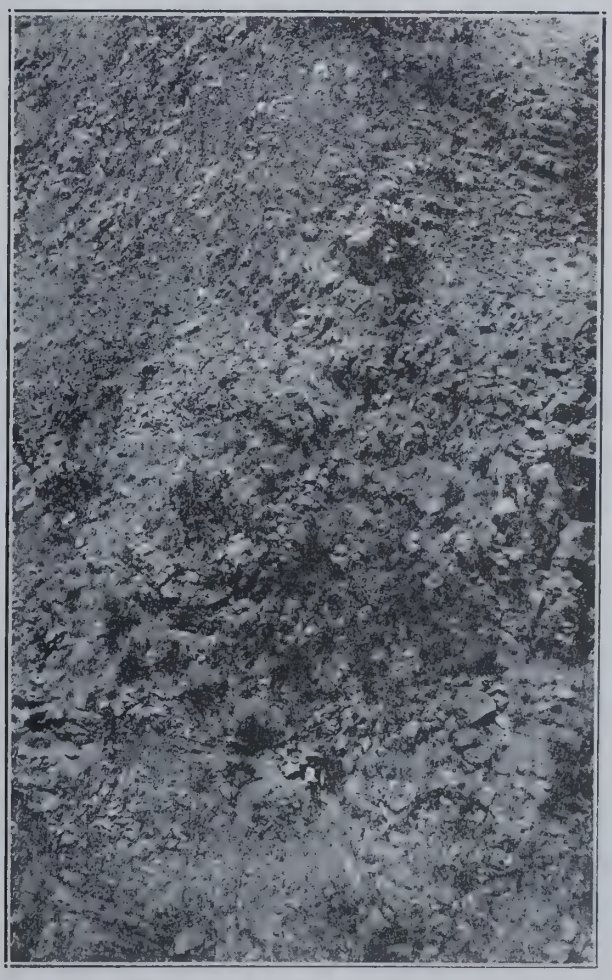
FOT. NUM. 5.

FOT. NUM. 6.

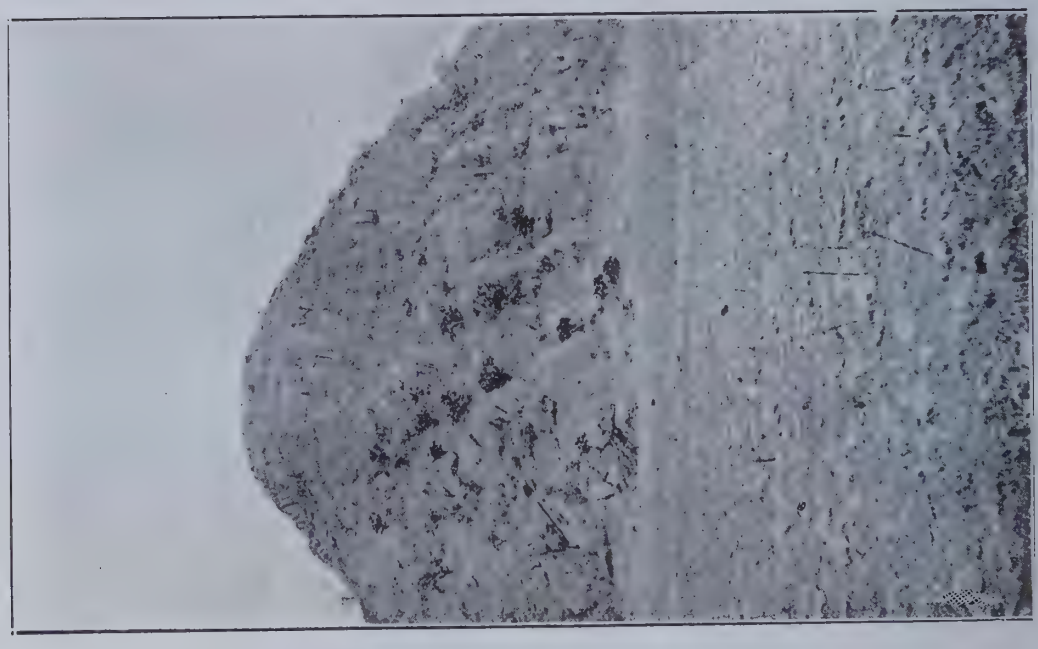
FOT. NUM. 7.

FOT. NUM. 8.

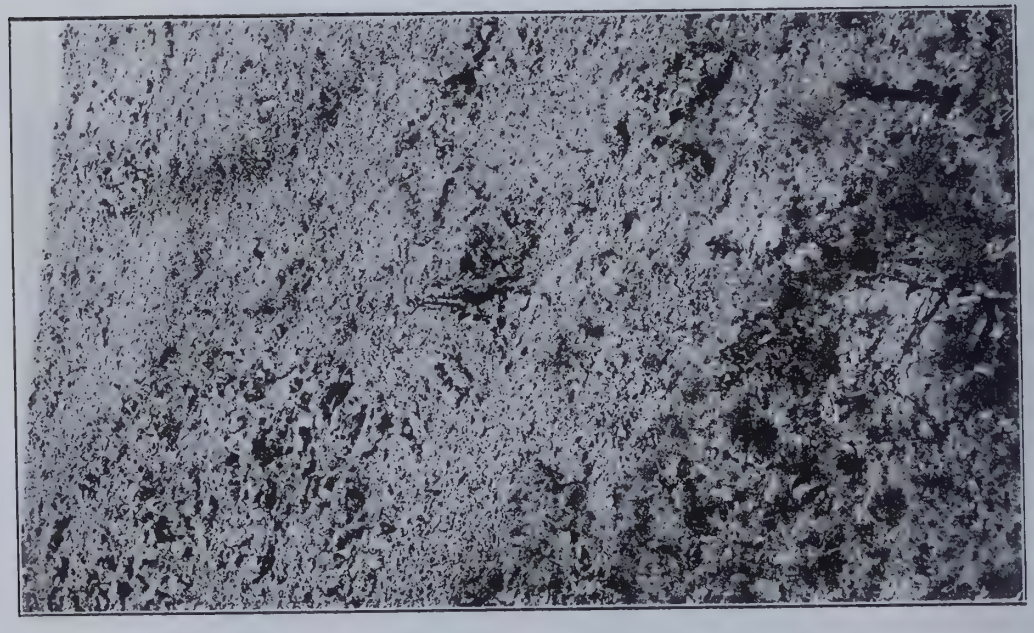
FOT. NUM. 9.



FOT. NUM. 10.

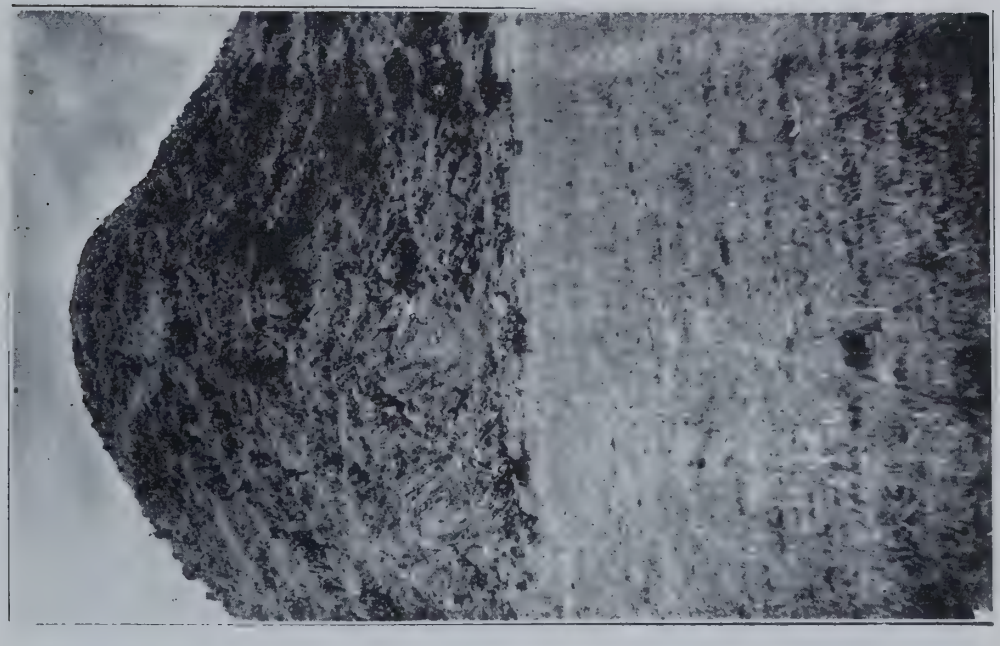


FOT. NUM. 12.



FOT. NUM. 11.

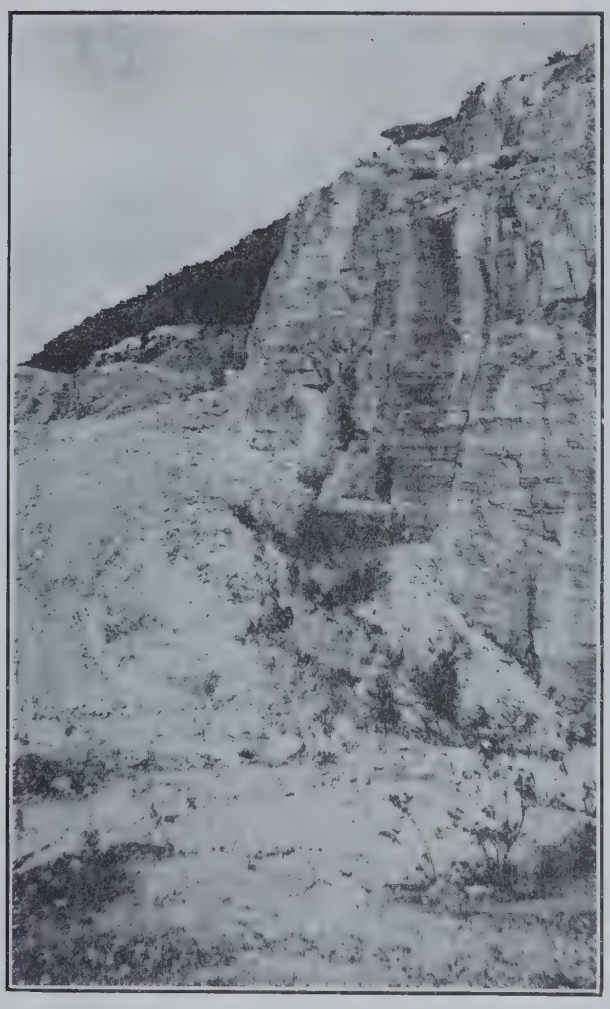
FOT. NUM. 14.



FOT. NUM. 13.

FOT. NUM. 15.

FOT. NUM. 16.



FOT NUM. 17.

FOT NUM. 18.

FOT. NUM. 19.

FOT. NUM. 20.

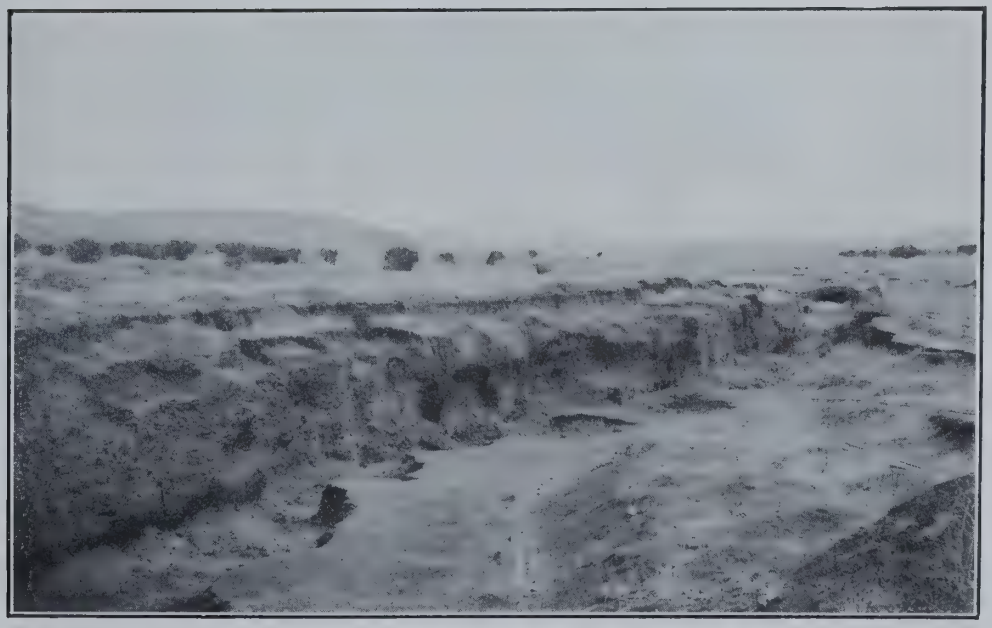
FOT. NUM. 21.

FOT. NUM. 22.

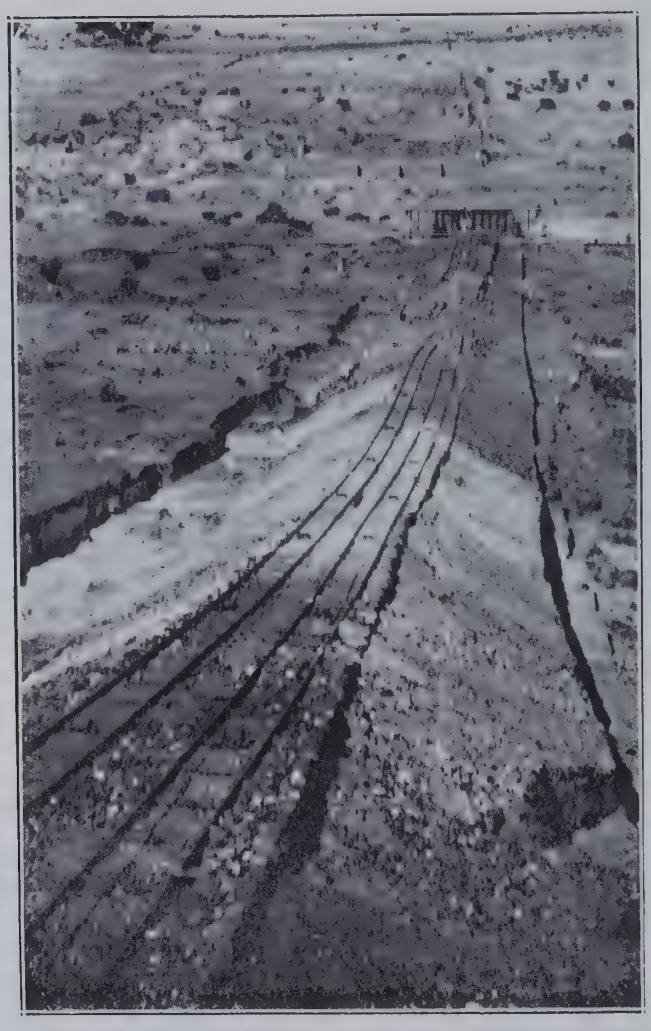
FOT. NUM. 23.

FOT. NUM. 24.

FOT. NUM. 25.



FOT. NUM. 26.



FOT. NUM. 27.

PUBLICACIONES DEL INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO.

BOLETIN

* Número 1.—Fauna Fósil de la Sierra de Catorce, por los Ings. A. del Castillo y J. G. Aguilera.—1895.—56. págs., 21 láms.

* Número 2.—Las Rocas Eruptivas del SO. de la Cuenca de México, por el Ing. E. Ordóñez.—1895.—46 págs. 1 lám.

* Número 3.—La Geografía Física y la Geología de la Península de Yucatán, por el Dr. C. Sapper.—1896. - 58 págs., 6 láms.

* Números 4, 5 y 6.—Bosquejo Geológico de México, por los Ings. J. G. Aguilera y E. Ordóñez.—1897. —272 págs., 5 láms.

* Números 7, 8 y 9.—El Mineral de Pachuca, por los Ings. J. G. Aguilera, E. Ordóñez y P. C. Sánchez. —1897.—184 págs., 14 láms.

* Número 10.—Bibliografía Geológica y Minera de la República Mexicana, por R. Aguilar y Santillán.—1898.—158 págs.

* Número 11.—Catálogos sistemático y geográfico de las especies mineralógicas de la República Mexicana, por el Ing. José G. Aguilera.—1898.—158 págs.

* Número 12.—El Real del Monte, por los Ings. E. Ordóñez y M. Rangel.—1899.—108 págs., 26 láms.

* Número 13.—Geología de los alrededores de Orizaba, con un perfil de la vertiente oriental de la Mesa Central de México, por el Dr. Emilio Böse.—1899.—54 págs., 3 láms.

* Número 14.—Las Rhyolitas de México (Primera Parte), por el Ing. E. Ordóñez.—1900.—78 págs., 6 láms.

* Número 15.—Las Rhyolitas de México (Segunda parte), por el Ing. E. Ordóñez.—1901.—78 págs., 6 láms.

* Número 16.—Los criaderos de fierro del Cerro de Mercado en Durango, por el Ing. M. Rangel, y de la hacienda de Vaquerías, Estado de Hidalgo, por el Ing. J. D. Villarello y Dr. E. Böse.—1902.—144 págs., 5 láms.

* Número 17.—Bibliografía Geológica y Minera de la República Mexicana, completada hasta 1904, por R. Aguilar y Santillán.—1904.—XVII + 330 págs.

Número 18.—Descripción Histórica de la Red Seismológica, por M. Muñoz Lumbier.—1919.—68 págs., 14 láms.

Número 19.—Los temblores de Guadalajara en 1912, por el Dr. Paul Waitz y Fernando Urbina.—1919. —IV + 83 págs., 32 láms.

* Número 20.—Reseña acerca de la Geología de Chiapas y Tabasco, por el Dr. E. Böse.—1905.—116 págs., 9 láms.

Número 21.—Le Faune Marine du Trias Supérieur de Zacatecas, par le Dr. C. Burckhardt avec le collaboration du Dr. S. Scalia.—1905.—44 págs., 8 láms.

* Número 22.—Sobre algunas faunas terciarias de México, por el Dr. E. Böse.—1906.—96 págs., 12 láms.

* Número 23.—Le Faune jurassique du Mazapil, Zac., par le Dr. C. Burckhardt.—1906.—216 págs., 43 pls.

* Número 24.—La Fauna de moluscos del Senoniano de Cárdenas, S. L. P., por el Dr. E. Böse.—1906.—95 págs., 18 láms.

Número 25.—Monografía Geológica y Palentológica del Cerro de Muleros, cerca de Ciudad Juárez, Estado de Chihuahua, y descripción de la Fauna Cretácica de la Encantada, cerca del Placer de Guadalupe, Estado de Chihuahua, por el Dr. E. Böse.—1910.—196 págs., 50 láms.

* Número 26.—Algunas regiones petrolíferas de México, por el Ing. J. D. Villarello.—1908.—122 págs., 22 láms.

Número 27.—La Granodiorita de Concepción del Oro en el Estado de Zacatecas y sus formaciones de contacto, por el Dr. Alfredo Bergeat.—1910.—109 págs., 9 láms. y 15 figs.

* Número 28.—Las aguas subterráneas en el borde meridional de la Cuenca de México, por el Ing. J. D. Villarello.—12 láms., y un croquis geológico (1:100,000).—Informe sobre las aguas del río de la Magdalena, por el profesor J. S. Agraz.—1911.—89 págs.

* Número 29.—Faunes jurassiques et crétaciques de San Pedro del Gallo, Durango, par la Dr. C. Burckhardt. —1912.—264 págs., 46 pls.

* Número 30.—Sobre algunas faunas del Cretácico superior de Coahuila y regiones limítrofes, por el Dr. E. Böse.—1913.—56 págs., 8 láms.

Número 31.—La Flora Liásica de la Mixteca Alta, por el Dr. G. R. Wieland.—1914.—162 págs., 50 láms.

Número 32.—La zona megaseísmica Acambay- Tixmadejé, Estado de México, estudiada por F. Urbina y H. Camacho.—1913.—125 págs., 75 láms.

Número 33.—Faunas jurásicas de Symon, Zac., y Faunas cretácicas de Zumpango del Río, Dgo., por el Dr. C. Burckhardt.—1920.—137 págs., 32 láms.

* Número 34.—Descripción de unas plantas liásicas de Huayacocotla, Veracruz.—Algunas plantas de la Flora Liásica de Huauchinango, Puebla, por Enrique Díaz Lozano.—1916.—18 págs., 9 láms.
* Número 35.—El Petróleo en la República Mexicana, por el Ing. de minas M. Bustamante.—1918.—216 págs., 37 láms., 2 cartas y 2 perfiles.
Número 36.—La seismología en México, por Manuel Muñoz Lumbier.—1918.—102 págs., 32 láms.
Número 37.—Estudio geológico minero de los Distritos de El Oro y Tlalpujahua, por el Ing. de Minas Teodoro Flores.—87 págs., 3 cuadros y 20 láms.
Número 38.—Memoria relativa al terremoto mexicano del 3 de enero de 1920, por las comisiones del Instituto Geológico de México.—109 págs., 113 láms. y 8 planos, cartas y croquis.
Número 39.—Exploración de la Región Sur de la Península de Baja California, por la Comisión Exploradora del Pacífico.—108 págs., 62 láms., 1 mapa, 74 cortes. 1922.
Número 40.—Catálogo Sistemático de las Especies Minerales de México y sus Aplicaciones Industriales. (En prensa).
Número 41.—Catálogo Geográfico de las Especies Minerales de México. (En prensa).
Número 42.—Algunas Faunas Cretácicas de Zacatecas, Durango y Guerrero, por el Dr. Emilio Böse. págs. 219 y 19 láms.—1923.
Número 43.—Estudio geológico de la zona minera comprendida entre los minerales de Atotonilco, El Chico y Zimapán, en el Estado de Hidalgo, por una comisión del Instituto Geológico de México, presidida por el Ing. de Minas Teodoro Flores. (En prensa).
Número 44.—El Cerro de Mercado, Durango, por una comisión del Instituto Geológico de México, formada por los señores Ings. de Minas: Leopoldo Salazar Salinas, Pedro González, Manuel Santillán, Antonio Acevedo y Petrógrafo A. R. Martínez Quintero.

PARERGONES

* Tomo I. Número 1.—Los Temblores de Zanatepec, Oax.—Estado actual del Volcán de Tacaná, Chiapas, por el Dr. Emilio Böse.—1903.—25 págs., 4 láms.
* Número 2.—Fisiografía, Geología e Hidrología de los alrededores de La Paz, Baja California, por el Dr. E. Angermann.—El área cubierta por la ceniza del Volcán de Santa María, octubre de 1902, por el Dr. Emilio Böse.—1904.—26 págs., 3 láms.
* Número 3.—El Mineral de Angangueo, Michoacán. por el Ing. E. Ordóñez.—Análisis de una muestra de granate del Mineral de Pihuamo, Jalisco, por el Ing. J. D. Villarello.—Apuntes sobre el Paleozoico en Sonora, por el Dr. E. Angermann.—1904.—34 págs., 2 láms.
* Número 4.—Estudio de la teoría química propuesta por el señor Ing. Andrés Almaraz, para explicar la formación del petróleo de Aragón, México, D. F., por el Ing. J. D. Villarello.—El fierro meteórico de Bacubirito, Sinaloa, por el Dr. E. Angermann.—Las aguas subterráneas de Amazoc, Puebla, por el Ing. E. Ordóñez.—1904.—24 págs., 1 lám.
* Número 5.—Informe sobre el temblor del 16 de enero de 1902 en el Estado de Guerrero, por los Drs. E Böse y E. Angermann.—Estudio de una muestra de mineral asbestiforme procedente de Rancho del Ahuacatillo, Distrito de Zinapécuaro, Estado de Michoacán, por el Ing. J. D. Villarello.—1904.—26 págs.
* Número 6.—Estudio de la Hidrología subterránea de la región de Cadereyta Méndez, Estado de Querétaro, por el Ing. J. D. Villarello.—1904.—58 págs., 2 láms.
* Número 7.—Estudio de una muestra de grafita de Ejutla, Estado de Oaxaca, por el Ing. J. D. Villarello.—Análisis de las cenizas del Volcán de Santa María, Guatemala, por el Ing. E. Ordóñez.—1904.—26 págs.
* Número 8.—Hidrología Subterránea de los alrededores de Querétaro, por el Ing. J. D. Villarello.—1905.—55 págs., 8 láms. y 2 figs.
Número 9.—Los Xalapazcos del Estado de Puebla, por el Ing. E. Ordóñez. (Primera parte.)—1905.—54 págs., 1 plano y 4 láms.
Número 10.—Los Xalapazcos del Estado de Puebla, por el Ing. E. Ordóñez. (Segunda parte.)—1905.—45 págs., 3 pls. y 8 láms.
* Tomo II. Número 1.—Explicación del Plano Geológico de la Región de San Pedro del Gallo, Estado de Durango, por el Dr. Ernesto Angermann.—Sobre la Geología de la Bufa, Mapimí, Estado de Durango, por el Dr. Ernesto Angermann.—Notas Geológicas sobre el Cretáceo en el Estado de Colima, por el Dr. E. Angermann.—1907.—35 págs., 3 láms.
* Número 2.—Sobre algunos fósiles Pleistocénicos recogidos por el Dr. E. Angermann, en la Baja California, por el Dr. E. Böse.—Sobre la aplicación de la potasa cáustica a la preparación de fósiles, por el Dr. Emilio Böse y Víctor von Vigier.—Sobre las rocas fosforíticas de las sierras de Mazapil y Concepción del Oro, Zacatecas, por el Dr. Carlos Burckhardt.—1907.—31 págs., 1 lám.
* Número 3.—El Volcán Jorullo, por el Ing. Andrés Villafaña.—1907.—58 págs., 8 láms.
* Números 4, 5 y 6.—El temblor del 14 de abril de 1907, por el Dr. Emilio Böse e Ings. A. Villafaña y J. García y García.—1908.—124 págs., 43 láms. y 1 cuadro.
* Número 7.—El valle de Cerritos, Estado de San Luis Potosí, por el Ing. Ezequiel Ordóñez, págs. 263-273. —Fuente termal en Cuitzeo de Abasolo, Estado de Guanajuato, por el Ing. Andrés Villafaña, págs. 277-287, láms. LVI-LVII.
* Número 8.—Estudio Hidrológico de la región de Rio Verde y Arroyo Seco, en los Estados de San Luis Potosí y Querétaro, por el Ing. Trinidad Paredes, págs. 282-337, lám. LVIII.—1909.
* Número 9.—Hidrología subterránea de los alrededores de Pátzcuaro, Estado de Michoacán, por el Ing. J. D. Villarello, págs. 339-362.—El hundimiento del Cerro de Sartenejas en los alrededores de Tetecala, Estado de Morelos, por el Ing. T. Flores, págs. 363-384, láms. LIX a LXII.—1909.
* Número 10.—Catálogo de los temblores (macroseismos) sentidos en la República Mexicana durante los años de 1904 a 1908, págs. 389-467.—1909.
* Tomo III. Número 1.—El Pozo de Petróleo de Dos Bocas, por el Ing. J. D. Villarello, págs. 5-112, láms. I-XXXVII.—1909.
Número 2.—Estudio Geológico de los alrededores de una parte del Río Nazas, en relación con el proyecto de una presa en el Cañón de Fernández, por el Dr. C. Burckhardt e Ing. J. D. Villarello, págs. 117-135, láms. XXVII-XXXVI.—1909.

* Número 3.—Estudio Hidrológico del Valle de Ixmiquilpan, Estado de Hidalgo, por el Ing. Trinidad Paredes, págs. 141-172, láms. XXXVII-XLIV.—Catálogo de los temblores (macro y microsismos) sentidos en la República Mexicana, durante el primer semestre de 1909, págs. 173-199.—1909.

Número 4.—Hidrología subterránea de la Comarca Lagunera de Tlahualilo, por el Ing. J. D. Villarello, págs. 201-251, láms. XLV-XLVIII.—1910.

Número 5.—Nuevos datos de la Estratigrafía del Cretácico en México, por el Dr. E. Böse, págs. 257-280. —Nuevos datos sobre el Jurásico y el Cretácico en México, por el Dr. C. Burckhardt, págs. 281-301.—1910.

Número 6.—Estudio Geológico de la región de San Pedro del Gallo, Durango, por el Dr. C. Burckhardt, págs. 307-357, láms. XLIX-LI (plano geológico, 1:25,000) y 9 figs.—Plesiosaurus (Polyptychodon?) Mexicanus Wieland, por el Dr. G. R. Wieland, págs. 359-365, lám. LII. —1910.

Número 7.—Informe acerca de una excursión geológica preliminar efectuada en el Estado de Yucatán, por Jorge Engerrand y Fernando Urbina, con la colaboración del Ing. J. Baz y Dresch, págs. 369-424, láms. LIII-LXXIV.—Estudio químico y óptico de una labradorita del Pinacate, Sonora, por el Ing. Y. S. Bonillas, págs. 425-432, lám. LXXV.—1910.

Número 8.—Catálogo de los temblores (macroseismos) sentidos en la República Mexicana y microseismos registrados en la Estación Seismológica Central, Tacubaya, D. F., durante el segundo semestre de 1909, págs. 435-496.—1911.

Número 9.—Reconocimiento de algunos criaderos de fierro del Estado de Oaxaca, por el Ing. Y. S. Bonillas, págs. 499-524. láms. LXXVI-LXXIX.—1911.

Número 10.—Catálogo de los temblores (macroseismos) sentidos en la República Mexicana y microseismos registrados en la Estación Seismológica Central, Tacubaya, D. F., durante el año de 1910, págs. 257-571.—Microseismos registrados en las Estaciones Seismológicas de Mazatlán y Oaxaca, de agosto a diciembre de 1910, págs. 273-587.—Indice del tomo.—1911.

Tomo IV. Número 1.—Notas preliminares relativas a un reconocimiento geológico por el curso del Atoyac (Río Verde), Oaxaca, por el Dr. P. Waitz, págs. 8-32.—Catálogo de los microseismos registrados en la Estación Seismológica Central durante el año de 1911, págs. 43-85.—1912.

* Número 2-10.—Memoria de la Comisión que exploró la región Norte del Territorio de la Baja California, por los Drs. E. Böse, E. Wittich e Ings. T. Flores, P. González y señores F. Urbina y J. Engerrand, págs., 89-533, 112 láms.—1913.

Tomo V. Números 1-3.—Catálogo de los movimientos registrados en las Estaciones Seismológicas de Mérida, Mazatlán, Oaxaca y de los macroseismos sentidos en la República Mexicana durante el año de 1911, 76 págs.—1913.

Número 4.—Análisis hechos en el Laboratorio de Química del Instituto Geológico. Números 1-279.—109 págs.—1913.

Número 5.—Apuntes acerca de la Hidrología Subterránea del Estado de Coahuila, por el Ing. J. D. Villarello.—Informe relativo al agua solicitada por los vecinos de Pueblito, Querétaro. —Informe sobre el pozo de Yurécuaro, Michoacán, por el Ing. T. Paredes.—34 págs. —1913.

Números 6-7-8.—Catálogo de los seismos registrados en la Estación Seismológica Central y en la de Mérida, Zacatecas, Oaxaca y Mazatlán, y de los macroseismos sentidos en la República Mexicana durante el año de 1912.—125 págs.—1914.

Número 9.—Rocas Mexicanas clasificadas al microscopio en el Instituto Geológico, págs. 353-426.—1914. (Estados de Aguascalientes a Jalisco).

* Número 10.—Las aguas subterráneas en los Municipios de Acatlán y Jaltepec, Distrito de Tulancingo, Estado de Hidalgo, por el Ing. Vicente Gálvez, págs. 429-475, 15 láms.—Los recursos de agua del Valle de Tecalitlán, Estado de Jalisco, por el Ing. Trinidad Paredes, págs. 477-501.—1916.

ANALES

Número 1.—Diatomeas fósiles mexicanas, por Enrique Díaz Lozano.—27 págs., 2 láms.—1917.

* Número 2.—Las salinas de México y la industria de la sal común, por José C. Zárate.—1 lám., 71 págs. y 1 carta.—1917.

Número 3.—Las aguas subterráneas al E. de la Bahía Magdalena, Baja California.—Hidrología subterránea de los alrededores del pueblo de Tequisquiapan y Hacienda de la Labor, Distrito de Temascaltepec, Estado de México.—Estudio sobre la probabilidad de encontrar aguas subterráneas en el Potrero de la Ciénega, D. F., por el Ing. Vicente Gálvez.—58 págs., 12 láms.—1918.

* Número 4.—Análisis de un petróleo crudo del campo del Alamo, por Salvador S. Morales.—Análisis de una nafta, por A. M. de Ibarrola.—Nota sobre un Corundo de una nueva localidad de México, por Carlos Castro.—Captación de aguas potables en el Mineral de Jacala, por el señor Heriberto Camacho.—47 págs., 3 láms. y un plano.—1917.

Número 5.—El Tequezquite del Lago de Texcoco, por el Ing. Teodoro Flores.—61 págs., 15 láms. y un plano.—1918.

Número 6.—Apuntes sobre el Mineral de Puerto de Nieto, Gto., por el Ing. Vicente Gálvez.—9 págs. con un croquis.—Breves consideraciones para el estudio de las arcillas que tienen aplicación entre los materiales de construcción, por el arquitecto Benjamín Orvañanos.—5 págs. —1919.

Número 7.—Algunos datos sobre las islas mexicanas para contribuir al estudio de sus recursos naturales, por Manuel Muñoz Lumbier.—54 págs. y 9 láms.—1919.

Número 8.—Las aguas subterráneas de Tlanalapan, Dto. de Apan, Edo. de Hgo.,—23 págs., con dos planos y un croquis.—Informe de las aguas subterráneas del Valle de Tecamachalco o Valsequillo, Edo. de Puebla, por Heriberto Camacho.—Págs. 27 á 38, con 9 láms., un plano 2 perfiles y un croquis.—Ligeros apuntes sobre el sistema de "Flotación," por el Ing. Luis Goerne.—Págs., 41 a 50, con 8 figs.—1920.

Número 9.—Depósitos diatomíferos en el Valle de Toxi.—Manantiales en el Pueblo de Tepexi de Rodríguez, Edo. de Puebla, por Enrique Díaz Lozano.—1920.

Número 10.—Las publicaciones del Instituto Geológico de México. Reseña de ellas por Carlos G. Mijares. (En prensa.)

Número 11.—Apuntes acerca de la actividad del Popocatépetl, en relación con la seismología, por Heriberto Camacho. (En prensa.)

Número 12.—Las aguas subterráneas del Valle de Morelia, Edo. de Michoacán.—Apuntes para la hidrología subterránea de la parte Sud-Oriental del Estado de Querétaro, por Heriberto Camacho (En prensa.)

FOLLETOS DE DIVULGACION

* Número 1.—Los temblores de Guatemala, por M. Muñoz Lumbier.—3 págs. y 1 lám.—Enero de 1919.

* Número 2.—Procedimiento para el cuanteo volumétrico del manganeso, por el profesor C. Castro.—3 págs. —Febrero 1919.

* Número 3.—Informe que rinde el Jefe de la Sección de Química, acerca de unos minerales de manganeso que remitió el Departamento de Minas, para que se viera si tenían substancias radio activas.—3 págs., 2 láms.—Marzo 1919.

Número 4.—Informe condensado sobre la construcción de edificios de madera a prueba de temblores, traducción por el doctor E. Böse e Ing. J. García y García.—Enero de 1920.—15 págs. y 16 láms.

* Número 5.—Apuntes sobre las ferro-ligas, recopiladas y extractadas de varias publicaciones y análisis, por el Ing. G. Cicero.—33 págs.— Agosto de 1920.

* Número 6.—Instrucciones generales para análisis de tierras, por C. Castro.—4 págs.—Septiembre de 1920.

Número 7.—Análisis de Aguas.—Condiciones que deben reunir para que sean potables, por C. Castro. —11 págs.—Febrero de 1921.

Número 8.—Nota sobre el aprovechamiento de la Baritina Mexicana, por el Ing. C. F. de Landero. 5 págs.—Junio de 1921.

Número 9.—Los Buscadores de Agua (conferencia leída en la B. Sociedad de Geografía y Estadística), por el Ing. V. Gálvez.—9 págs.—Octubre de 1922.

Número 10.—Análisis por hidrocarburos de las muestras recogidas en el campo, por A. L. Espino Flores.—(En prensa).

MONOGRAFIAS.

* "El Goniógrafo".—(La Plancheta.)—Su aplicación práctica para levantamientos topográficos y de configuración orográfica.—Con 12 láms., 2 tablas, 3 formularios y varias figuras en el texto, por el Ing. Luis Bolland.—1919.

A las Grutas de Cacahuamilpa en Automóvil, por el Ing. L. Salazar Salinas.—1922.—Págs. 17, 27 láms.—2 planos y 1 perfil.

La Industria Minera de México: El Distrito de Guanajuato, por el Ing. Rafael Orozco.—Págs. 167, 58 láms.—1921.

*** Agotado.—Uut of print.—Epuisé.—Vergriffen.**

INDICE

CAPITULO I.

Pág.

Geología general de los alrededores del Cerro de Mercado, por el Ingeniero de Minas Pedro González, con la colaboración del Ingeniero de Minas Manuel Santillán. 5

CAPITULO II.

La erosión en el Valle de Durango, por el Ingeniero de Minas Pedro González, con la colaboración en el trabajo de campo, del Ingeniero de Minas Manuel Santillán. 9

CAPITULO III.

Estudio morfológico del Cerro de Mercado, y datos sobre las formaciones minerales de los alrededores de la Ciudad de Durango, por el Ingeniero de Minas L. Salazar Salinas. 14

CAPITULO IV.

Petrografía del Cerro de Mercado y sus alrededores, por A. R. Martínez Quintero. 21

CAPITULO V.

La génesis del criadero de fierro del Cerro de Mercado, por el Ingeniero de Minas L. Salazar Salinas. 40

CAPITULO VI.

Importancia industrial del criadero de fierro del Cerro de Mercado, Dgo., por el Ingeniero de Minas Manuel Santillán, con la colaboración del Ingeniero de Minas Pedro González. 47

ILUSTRACIONES

Microfotografía núm. 1.
Toba de cristales. Luz natural. 65

Microfotografía núm. 2.
Toba de cristales. Luz polarizada. 65

Microfotografía núm. 3.
Perlita cálcica. Luz natural. 67

Microfotografía núm. 4.
Perlita cálcica. Luz polarizada. 67

Pág.

Microfotografía núm. 5.
Perlita cálcica. Luz natural. 69

Microfotografía núm. 6.
Riolita porfirítica. Luz natural. 69

Microfotografía núm. 7.
Piroxenita. Luz natural. 71

Microfotografía núm. 8.
Pórfido cuarcífero. Luz natural. 71

Microfotografía núm. 9.
Pórfido cuarcífero. Luz polarizada. 73

Microfotografía núm. 10.
Pórfido cuarcífero. Luz natural. 73

Microfotografía núm. 11.
Pórfido cuarcífero. Luz polarizada. 75

Fotografía núm. 1.
Tamaño natural. Geoda mostrando cristales de martita. 77

Fotografía núm. 2.
Vista panorámica del Valle de Durango, tomada desde la Mesa de Los Burros. . . . 77

Fotografía núm. 3.
Vista panorámica tomada desde la falda del Cerro de Mercado, que muestra en primer término el plano inclinado y las tolvas, en segundo el Cerro de Las Víboras y en el fondo las mesas riolíticas del Poniente 78

Fotografía núm. 4.
Rancho de Morga y mesas del Poniente. . . 78

Fotografía núm. 5.
Curso del río del Tunal y en el fondo la Sierra del Registro. 79

Fotografía núm. 6.
Cuenca de Santiago Bayacora vista desde Las Tetillas. 79

Fotografía núm. 7.
Cerro de Navacoyán, en donde aparece el basalto cubriendo la riolita. 80

Fotografía núm. 8.
Vista tomada desde el Socavón núm. 1 al Po-

Pág

niente. Al fondo el Cerro de Las Víboras y Las Mesas. 80

Fotografía núm. 9.
Almagre de Garavito en primer término. Al fondo las riolitas cubriendo las tobas. . . 81

Fotografía núm. 10.
Zona de fracturas al Norte de Garavito. . . 81

Fotografía núm. 11.
Fractura de Garavito, marcada con un individuo que está cerca de ella y en el centro de la fotografía.. 82

Fotografía núm. 12
Cerro de San Antonio falda del Poniente, mostrando el plegamiento de las riolitas 82

Fotografía núm. 13.
Cerro de San Antonio, falda del Oriente, mostrando el plegamiento de las riolitas 83

Fotografía núm. 14.
Canteras de Guadalupe. 83

Fotografía núm. 15.
Tajo del ferrocarril a Mazatlán. En el fondo una mesa riolítica cubriendo las tobas. . . . 84

Fotografía núm. 16.
Cerro de Los Remedios y Canteras del mismo nombre. 84

Fotografía núm. 17.
Las Canteras de Los Remedios cubiertas por la formación reolítica del Cerro del mismo nombre. 85

Fotografía núm. 18.
Canteras de Los Remedios. 85

Fotografía núm. 19.
Sinclinal formado por tobas con cubierta de riolita, al Sur de las Canteras de La Virgen 86

Fotografía núm. 20.
Cerro de los presos, acción del intemperismo. 86

Pág.

Fotografía núm. 21.
Casa de bombas del ojo de agua de la ciudad de Durango.. 87

Fotografía núm. 22.
Compuerta del ojo de agua construida en la época colonial. 87

Fotografía núm. 23.
Vista panorámica tomada desde la falda del Cerro de Los Remedios; en el fondo el Cerro de Mercado. 88

Fotografía núm. 24.
Cerro de Mercado visto desde la Estación de Durango. 88

Fotografía núm. 25.
Cerro de Mercado visto desde las explotaciones a tajo abierto al Oriente del Valle. 89

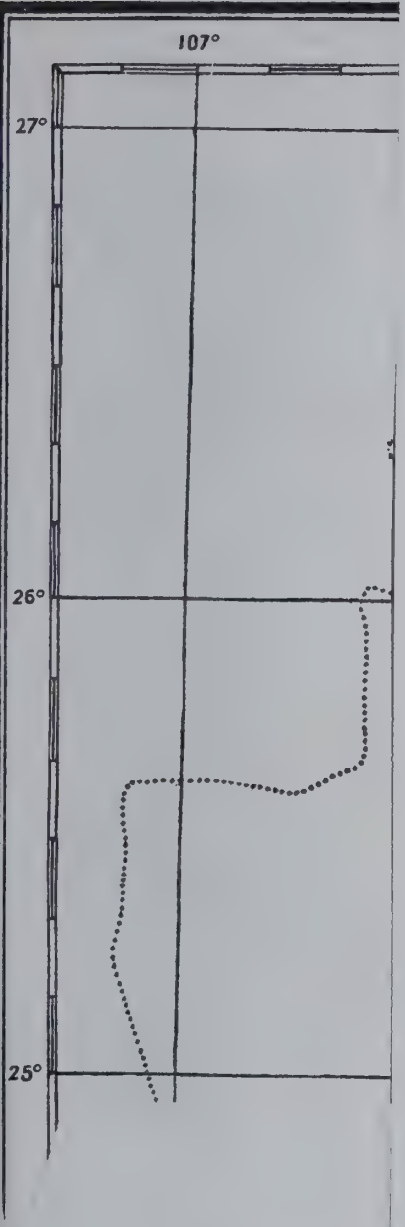
Fotografía núm. 26.
Explotación a tajo abierto en el Valle al Este del Cerro de Mercado. 90

Fotografía núm. 27.
Plano inclinado desde las tolvas del Socavón 90

Publicaciones del Instituto Geológico de México. 91

Lám.

Plano de las líneas férreas que parten de la ciudad de Durango. . . . . I.
Bosquejo geológico del Valle de Durango. Plano de los alrededores del Cerro de Mercado levantado bajo la dirección del Ing. Antonio Acevedo con la colaboración de los Ings. Ignacio Casas y Antonio Inda, 1922 II.
Cerro de Mercado, Durango. Esc. 1:5000. . III.
Perfil AA' del Cerro de Mercado, Durango. IV.
Perfil BB' del Cerro de Mercado, Durango. V.
Perfil CC' del Cerro de Mercado, Durango. VI.
Perfil DD' del Cerro de Mercado, Durango. VII.
Fierro y carbón en México. Esc. 1:6000,000 VIII.
Mapa que muestra la situación económica, con respecto a las materias primas de la industria del fierro y del acero. . . . . IX.


107°
27°
26°
25°

INSTITUTO GEOLOGICO. - FEBRERO DE 1923

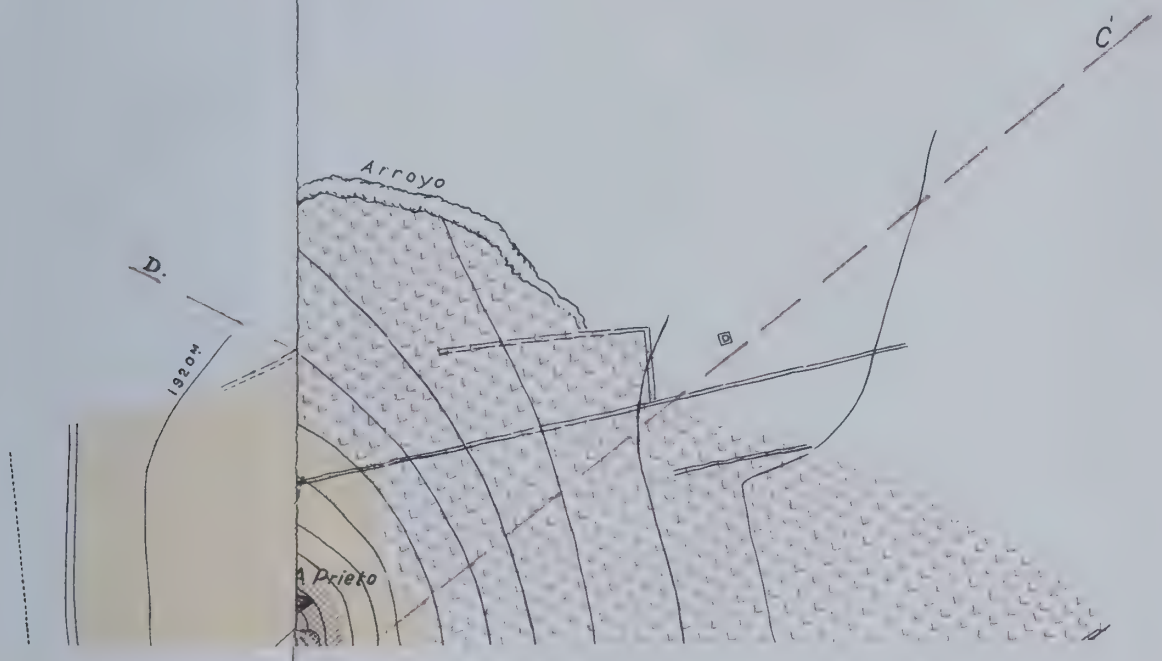
FABIAN LEON

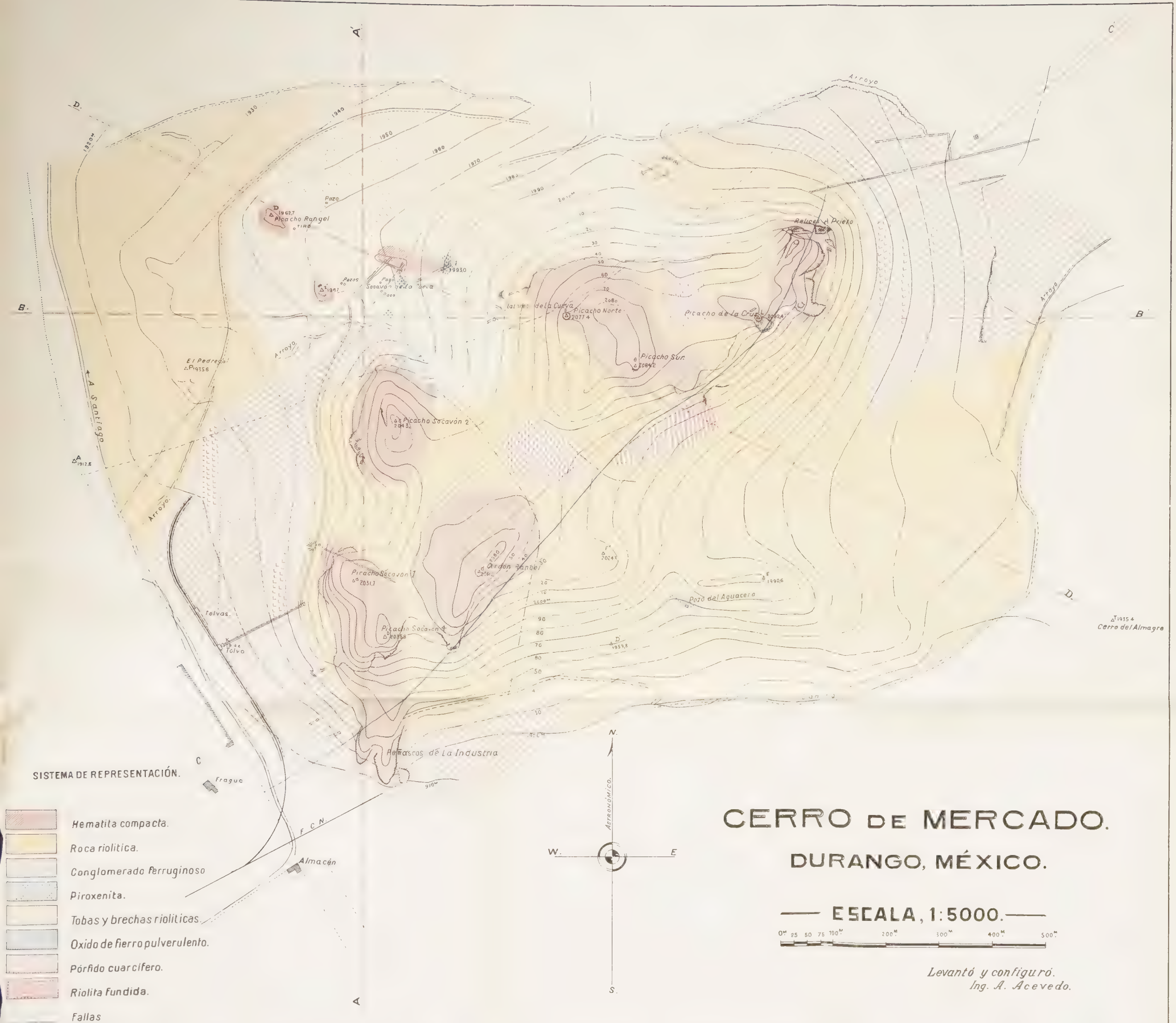
lítica
sáltica
ciente

BOSQUEJO GEOLÓGICO DEL VALLE DE DURANGO.

SISTEMA DE REPRESENTACION

- Latitas
- Conglomerado ferruginoso
- Piroxenita
- Hematita compacta
- Tobas y brechas riolíticas
- Oxidos de fierro pulverulentos
- Pórfido cuarcífero
- Riolita fundida
- Formación riolítica
- Formación basáltica
- Formación reciente


C
Arroyo
D.
1920m
A Prieto



SISTEMA DE REPRESENTACIÓN.

- Hematita compacta.
- Roca riolitica.
- Conglomerado ferruginoso
- Piroxenita.
- Tobas y brechas rioliticas.
- Oxido de fierro pulverulento.
- Pórfido cuarcífero.
- Riolita fundida.
- Fallas

CERRO DE MERCADO.

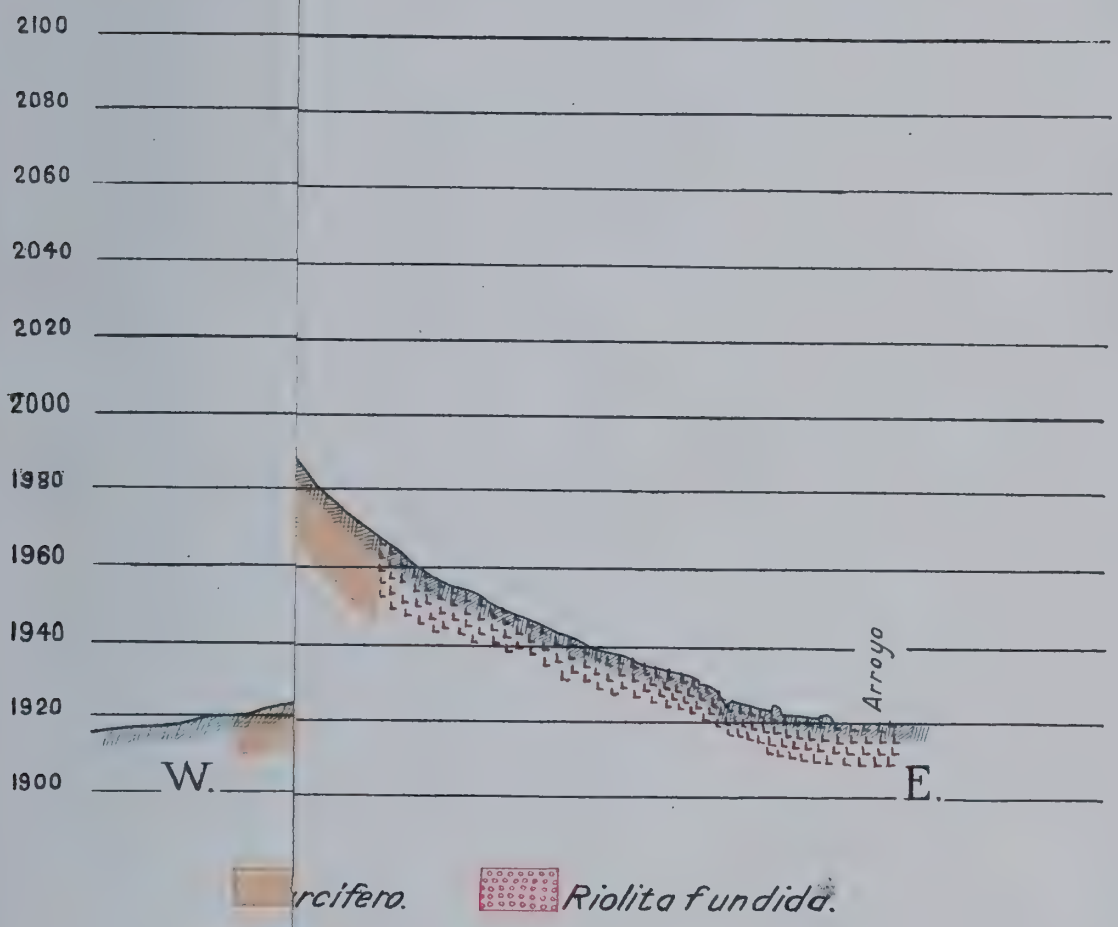
DURANGO, MÉXICO.

ESCALA, 1:5000.

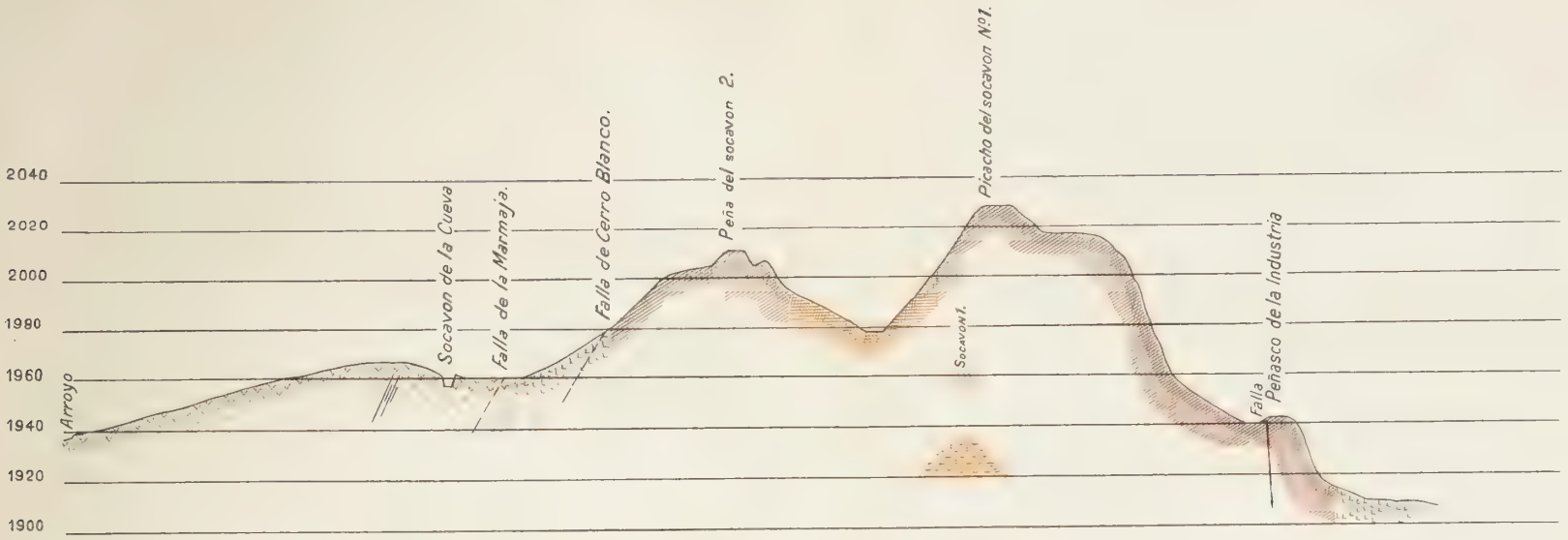
0M 25 50 75 100M 200M 300M 400M 500M

Levantó y configuró.
Ing. A. Acevedo.

E S T A D O S U N I D O S D E L N O R T E
G O L F O D E C A L I F O R N I A
O C E A N O P A C I F I C O
G O L F O D E M E X I C O
FIERRO Y CARBON EN MEXICO
ESCALA
Criaderos de fierro reconocidos
Manifestaciones superficiales de mineral de fierro
Yacimientos de carbón
Ciudad de México
Capital de Estado
Limite Internacional
Limite de Estado
Ferrocarriles
Nogales
Ciud. Juarez
Ensenada
Pt. Bandera
S. Quintin
Tepustete
Rosario
El Maluto
Horcasitas
HERMOSILLO
Los Bronces
Suaqui
Barrancas
Cedros
Charrera
Aldama
Aldana
CHIHUAHUA
Sierra Rica
Ste. Rosalia
Camargo
Del Norte
Uruachic
Jiménez
L. Jaco
Coronado
Parral
Alamos
Fuerte
Bta. de Basuchic
Pedras Negras
Muzquiz
Cuatro Ciénegas
Las Esperanzas
Juarez
Laredo
Campazos
C. Candela
Carrizal
Guerrero
Jimenes
Camargo
Sta. Ma. del Oro
Torreón
Parras
MONTERREY
SALTILLO
Tepehuanes
Tapuche
Cosala
Cuencamé
San Juan de Guadalupe
Mazapil
Concepción del Oro
DURANGO
Catorce
VICTORIA
Tampico
Mazatlan
ZACATECAS
S. LUIS POTOSI
Rhoda de Romos
AGUASCALIENTES
TEPIC
Comanja
Lagos
León
GUANAJUATO
Tequila
GUADALAJARA
QUERETARO
Bramador
Tecolotlán
Sayula
Chiquistlán
Puerto Nuevo
MORELIA
Tlalpujahua
Tlalpujahua
Sierra del Alo
COLIMA
Manzanillo
Aquiltlan
Huacana
Tejupilco
MEXICO
TLAXCALA
PUEBLA
Veracruz
Coalcomán
Coahuayulla
Chuta
Iguala
CHILPANCINGO
Acapulco
OAXACA
Tuxtepec
Mixtepec
Zaniza
Salina Cruz
TUXTLA GUTIERREZ
S. Cristóbal
Tonalá
CAMPECHE
SANTA CRUZ
OLFO DE TEHUANTEPEC


2100
2080
2060
2040
2020
2000
1980
1960
1940
1920
1900
W.
E.
Arroyo
rcífero.
Riolita fundida.

CERRO DE MERCADO DURANGO

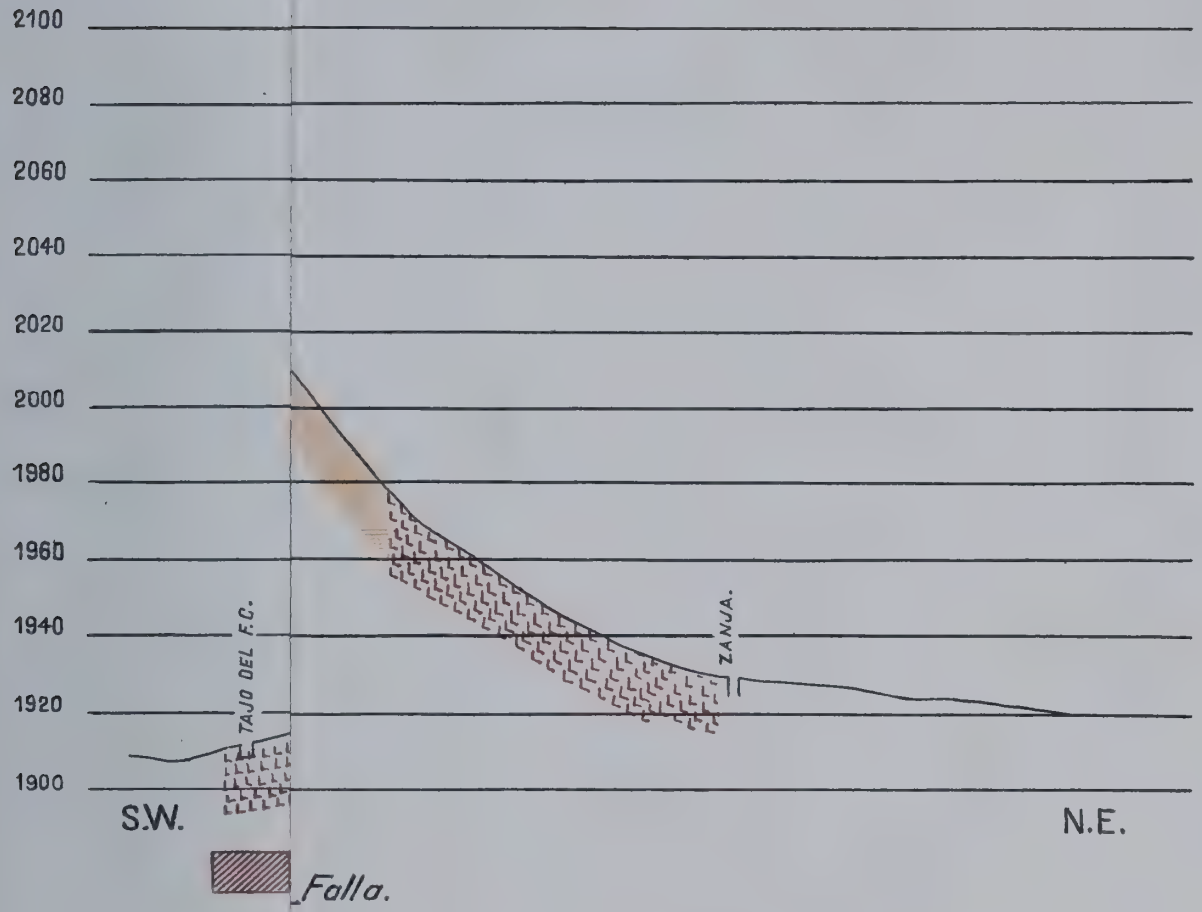


N.

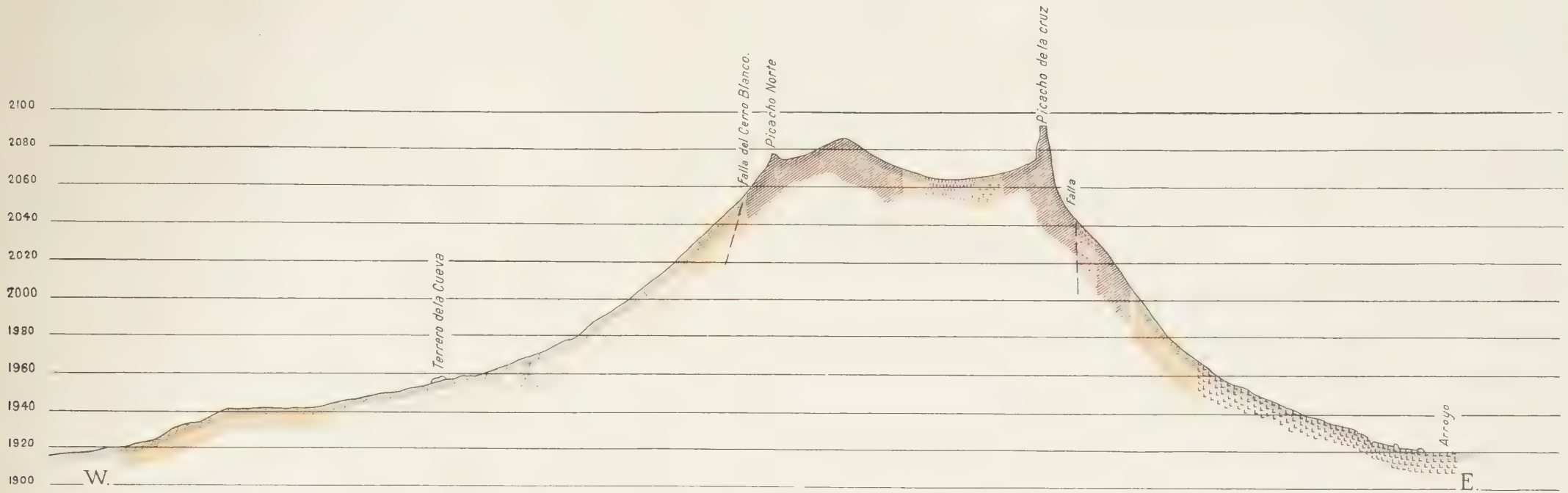
S.

- Roca riolitica.
- Tobas y brechas rioliticas.
- Conglomerado ferruginoso.
- Hematita compacta.
- Piroxenita.
- Oxido de fierro pulverulento.
- Fallas.

PERFIL A A'
HORIZONTALES 1:5000
VERTICALES 1:2000


2100
2080
2060
2040
2020
2000
1980
1960
1940
1920
1900
TAJO DEL F.C.
ZANJA.
S.W.
N.E.
Falla.

CERRO DE MERCADO, DURANGO.



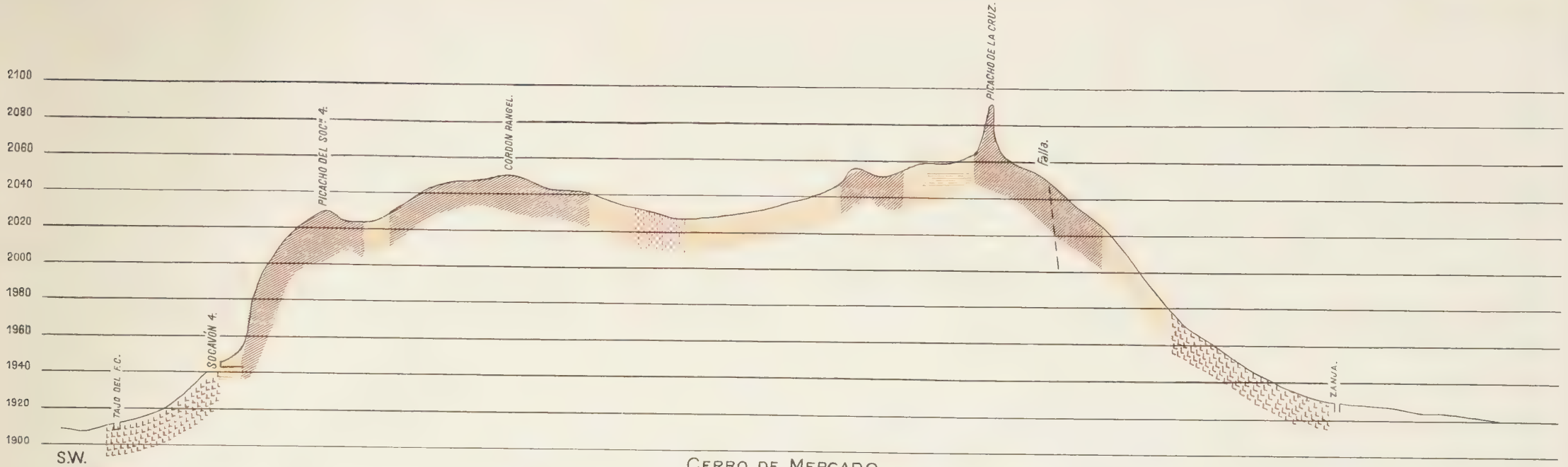
PERFIL BB'
HORIZONTALES 1:5000
VERTICALES 1:2000

Roca r

----Fallas.

Oxido de fierro pulverulento.

CERRO DE MERCADO DURANGO.

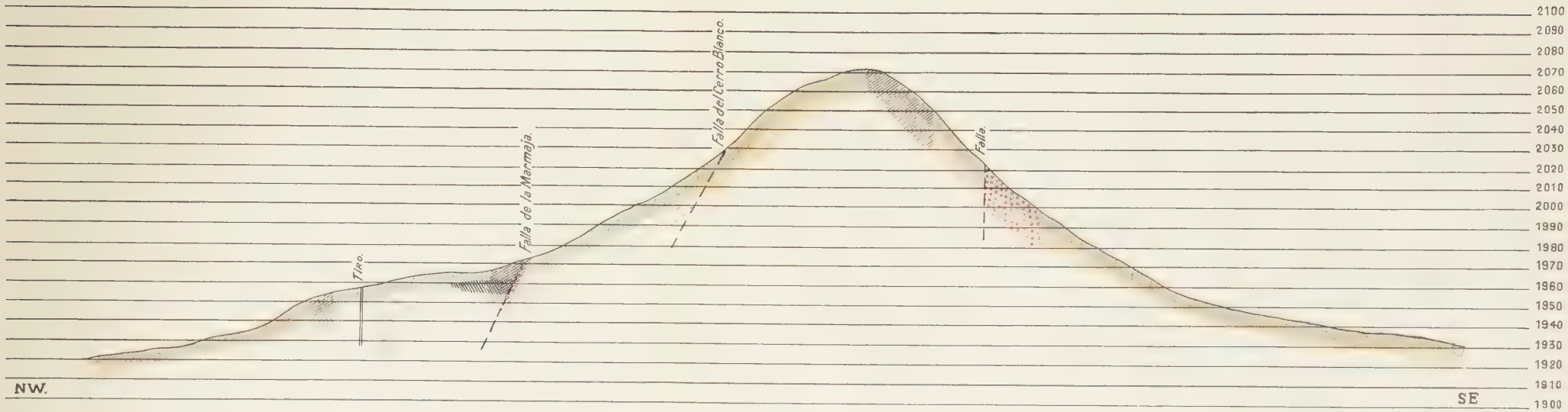


CERRO DE MERCADO.
PERFIL C.C'
HORIZONTALES 1:5000.
VERTICALES 1:2000.

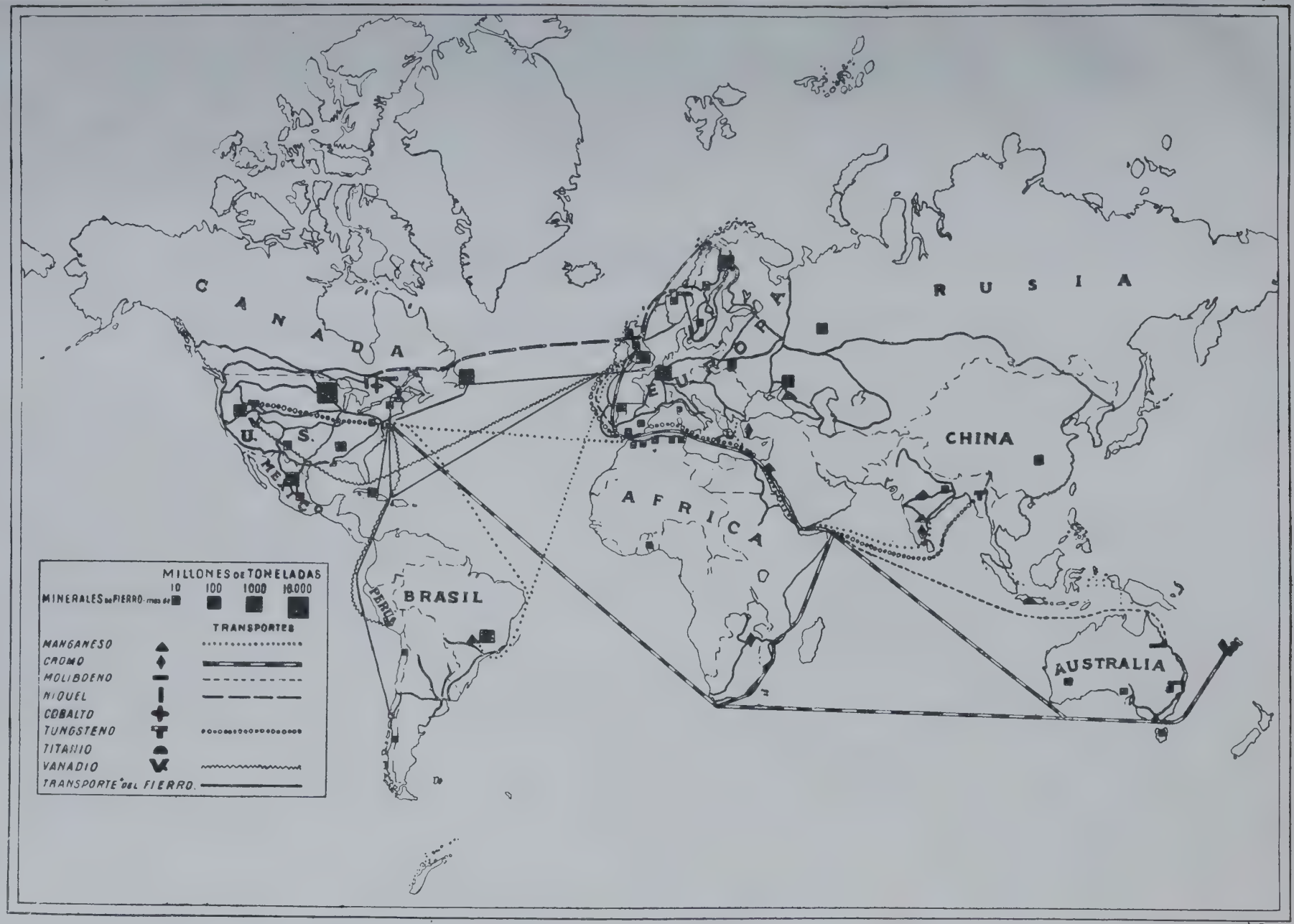
Hematita Compacta. Conglomerado ferruginoso. Roca riolítica. Porfido cuarcífero. ____Falla.

FIERRO Y CAR
ESCALA
Criaderos de fierro recon
Manifestaciones superfic
Yacimientos de carbón
Ciudad de México
Capital de Estado
Limite Internacional
Limite de Estado
Ferrocarriles
Tijuana
Mexicali
Alcantones
Ensenada
Pt Bande
Sn.Carlos
S.Vicente
Tepustete
Sn.Quintin
Rosario
Rosarito
S.Isidro
Sausalito
Sta Ursula
I.Cedros
GOLFO
BAJA CA
OCEANO
ORTE
OLFO
DE
EXICO
Progreso
MERIDA
Ticul
Sotula
CAMPECHE
SANTA CRUZ
DE TERMINOS
México
S.JUAN BAUTISTA
S.Cristóbal
TUXTLA GUTIERREZ
Sn. Bartolome
Tonalá
Tapachula
Ayutla
GUATEMALA
HONDURAS BRITANICAS
20°
16°
8°
12°
30°
26°
22°
18°
14°

CERRO DE MERCADO, DURANGO.



PERFIL DD'
HORIZONTALES 1:5000.
VERTICALES 1:2000.



MAPA que muestra la situación económica, con respecto a las materias primas, de la industria del fierro y del acero.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

SECRETARIA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TRABAJO

DEPARTAMENTO DE EXPLORACIONES Y ESTUDIOS GEOLOGICOS

JEFE DEL DEPARTAMENTO Y DIRECTOR DEL INSTITUTO GEOLOGICO: ING. JUAN D. VILLARELLO

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

BOLETIN NUMERO 45

FAUNAS DEL APTIANO DE NAZAS (DURANGO)

POR EL DOCTOR

CARLOS BURCKHARDT

CON X LAMINAS

THE LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF

REGISTRADO COMO ARTICULO DE 2ª CLASE EL 28 DE AGOSTO DE 1922

TALLERES GRAFICOS DE LA NACION

MEXICO.—1925

550.5
ME

INDICE

Págs.

INTRODUCCION. 3

I. PARTE PALEONTOLOGICA. 5
Descripción de las especies. 7
Nautilus Breyn. 7
Nautilus neohispanicus n. sp. 7
Desmoceras Zittel. 8
Subgénero Puzosia Bayle. 8
Puzosia sp. ind. 8
Puzosia aff. Matheroni d'Orb. sp. 9
Subgénero Uhligella Jacob. 10
Uhligella Aguilerae n. sp. 10
Uhligella Jacobi n. sp. 11
Uhligella mexicana n. sp. 12
Pedioceras Gerhardt. 13
Pedioceras durangense n. sp. 13
Neocomites Uhlig. 14
Neocomites nazasensis n. sp. 14
Dufrenoya Genus Novum. 15
Dufrenoya aff. Dufrenoyi d'Orb. sp. 18
Dufrenoya texana, n. sp. 20
Dufrenoya sp. ind. 21
Parahoplites Anthula emend. Jacob. 21
Parahoplites aff. Milletianus d'Orb. sp. 21
Parahoplites, varias formas indeterminadas. 23
Parahoplites juv., varias formas indeterminadas. 24
Douvilléiceras Grossouvre. 25
Grupo del Douvilléiceras Albrechti-Austriae. 27
Douvilléiceras aequicostatum n. sp. 27
Douvilléiceras sp. ind. 28
Grupo del Douvilléiceras Cornueli et Martinii. 29
Douvilléiceras aff. Martinii d'Orb. sp., var. orientalis Jacob. 29
Douvilléiceras nazasense n. sp. 30
Douvilléiceras Wilfridi n. sp. 31
Douvilléiceras aff. Stoliczkanum Gabb. sp. 32
Douvilléiceras paucinodum n. sp. 34
Douvilléiceras sub-Buxtorfi n. sp. 35
Douvilléiceras cfr. Buxtorfi Jacob. 35
Douvilléiceras sp. ind. 36
Douvilléiceras juv. cfr. clansayense Jacob. 37
Douvilléiceras cfr. clansayense Jacob. 37
Grupo del Douvilléiceras Bigoureti (Acanthohoplites Sinzow). 38
Douvilléiceras juv. varias formas indeterminadas. 38
Ammonitoceras E. Dumas (Kilian). 39
Ammonitoceras cornutum n. sp. 40
Ammonitoceras fissicostatum n. sp. 41
Crioceras Léveillé. 42
Crioceras trispinosoides n. sp. 42
Lista de los fósiles estudiados.

Págs.

II. PARTE ESTRATIGRAFICA Y CONCLUSIONES GENERALES 45
Parte estratigráfica. 47
1. Calizas con Requienias 47
2. Banco de Caprínidos 48
3. Capas con Dufrenoya y Douvilléiceras. Aptiano superior 49
4. Capas basales de las calizas mesocretácicas. Capas limítrofes entre el Aptiano y el Gault. Piso de Clansayes 52
5. Calizas del Cretáceo medio 53
Conclusiones generales. 53
Cuadro de las capas infracretácicas de México central.
Lista de la Literatura citada 63
Explicación de las láminas 68

INTRODUCCION

Los fósiles descritos en esta memoria fueron colectados por mí, durante un estudio geológico de la región del río Nazas, entre las Tetillas y la presa del Refugio (Estado de Durango). Publiqué con anterioridad un estudio geológico de la región (1). El lector podrá consultar el citado trabajo por lo que se refiere a la tectónica y a la geología general. En la presente memoria daré una descripción estratigráfica completa y un estudio detallado de los Cefalópodos del Aptiano y del piso de Clansayes (capas limítrofes entre el Aptiano y el Gault). Los Cefalópodos descritos en las páginas siguientes son bastante bien conservados, pero desgraciadamente no pude preparar las suturas (con una sola excepción). A pesar de este defecto me parece útil describir las formas por el gran interés paleontológico y estratigráfico que presentan.

Doy aquí las gracias más expresivas a todas las personas que me han ayudado bondadosamente enviándome materiales de comparación o moldes de ejemplares tipos. Mencionaré especialmente a los señores Prof. *F. A. Bather,* en Londres; Prof. *W. Branca,* en Berlín; Prof. *A. Deussen,* en Austin; Prof. *W. Kilian* y Prof. *P. Reboul,* en Grenoble; Prof. *L. Rollier,* en Zurich, y Dr. *T. W. Stanton,* en Wáshington.

Las láminas paleontológicas fueron ejecutadas bajo mi dirección por el fotógrafo de nuestro Instituto, señor *F. de P. Carbajal.*

El manuscrito de esta memoria ha sido terminado el 17 de octubre de 1911, y sólo excepcionalmente han podido tomarse en consideración trabajos posteriores a esta fecha.

---

(1) Estudio geológico de los alrededores de una parte del río Nazas en relación con el proyecto de una presa en el cañón de Fernández. Primera parte: Bosquejo geológico de la región, por el Dr. Carlos Burckhardt (con un plano y ocho láminas). Parergones del Instituto Geológico de México, tomo III, núm. 2, p. 117-128, 1909.

I

PARTE PALEONTOLOGICA

DESCRIPCION DE LAS ESPECIES

NAUTILUS BREYN

Nautilus neohispanicus n. sp.

Lám. I, fig. 1-4

Dimensiones: Diámetro (aproximado): 125 mm.
Altura de la vuelta: 70 mm. = 0.56
Espesor de la vuelta: 75 mm. = 0.60
Diámetro del ombligo: (no puede medirse).

Concha inflada, compuesta de vueltas abrazantes. Ombligo estrecho y profundo. Parte externa arredondada. Flancos convexos que descienden bruscamente en una pared umbilical alta, abrupta y algo convexa. Sección transversal arredondada, un poco más ancha que alta, con mayor espesor más o menos en el tercio inferior.

La superficie está cubierta por costillas aplanadas que tienen la forma de varillas anchas. Estas costillas son muy apretadas, siendo separadas entre sí por surcos no más. Nacen en el ombligo, describen sobre la parte media de los flancos una fuerte inflexión hacia adelante, para dirigirse hacia atrás sobre la parte externa de éstos. Al pasar por la parte externa las costillas son arqueadas hacia atrás. Algunas costillas son simples, pero, la mayor parte se bifurcan a diferentes alturas, por lo general hacia el tercio inferior, a veces más bajo o más alto. A veces se observa que una de las costillas secundarias o las dos se bifurcan de nuevo en dos ramas, de modo que entonces a una costilla umbilical corresponden cuatro costillas externas. Además hay costillas externas netamente intercaladas, que terminan por lo general en el tercio interior de los flancos, atenúandose en forma de punta.

Muchas veces no es fácil decir si se trata de costillas intercaladas o de ramas secundarias con tendencia de separarse de las demás. Las costillas intercaladas se observan, ya entre las costillas principales o entre dos haces de costillas, ya entre las ramas secundarias del mismo haz. A veces se bifurcan las costillas intercaladas, a su vez.

Este Nautilus se parece a varias especies ya descritas sin ser idéntico con ellas. *Nautilus neocomiensis Pictet et Campiche* (*non d'Orb.*), se aproxima por su sección transversal; pero en él las costillas se bifurcan sólo raras veces y nunca se observa una segunda bifurcación de ellas. Además la inflexión de las costillas hacia adelante no se encuentra sobre la parte media de los flancos, sino más afuera, sobre la parte externa de ellos (véase Pictet et Campiche, Ste. Croix, l. c., pl. XV, p. 128, y Karakasch, Crétacé inf. Crimeé, l. c., p. 26, pl. II, fig. 1a-b). El tipo del *Nautilus Neckerianus*

Pictet et Roux (Pictet et Roux: Grès verts des environs de Genève, l. c., p. 272 (16), pl. I, fig. 2a-d) se parece mucho a nuestra forma, pero se distingue sobre todo por la simple bifurcación de las costillas. Las formas atribuídas al *Nautilus Neckerianus* por *Pictet et Campiche* (Ste. Croix, l. c., p. 132, pl. XVI) se distinguen de la forma mexicana por costillas más anchas y más sinuosas sobre la parte externa, por una sección transversal de mayor espesor y por la situación de la inflexión de las costillas, que se encuentran más afuera como en el Nautilus neocomiensis P. et C. *Nautilus bifurcatus Ooster* en *Uhlig* (Wernsdorferschichten, l. c., p. 54 (178), pl. II., fig. 1) se distingue también por la situación más externa de la mayor inflexión de las costillas, además por un ombligo más abierto y por otra forma de la sección transversal. Por último, *Nautilus carlottensis Whiteaves* (Mesozoic fossils, vol. I. pt. III, pl. XXI. p. 197; p. 296) se distingue a primera vista por los intervalos mucho más anchos entre las costillas.

Yacimiento de las formas vecinas: Nautilus neocomiensis se encuentra en el Neocomiano medio y según *Kilian* (Lure, l. c., p. 245) también en el Aptiano inferior. El tipo del *Nautilus Neckerianus* Pictet et Roux se encontró en el Aptiano superior de la "Perte du Rhône" y *Jacob* lo indica también en la zona del Douvilléiceras subnodosocostatum del "Luitere Zug" (Alpes Suizos).

Localidad en México: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas. Al Este del rancho "El Mulato;" localidad 5.

DESMOCERAS ZITTEL

Subgénero Puzosia Bayle

Puzosia sp. ind.

Lám. II, fig. 2-3

Desgraciadamente poseo solamente un pequeño fragmento de esta Puzosia que presenta bastante interés por aproximarse mucho a la forma carpática, descrita por *Liebus* bajo el nombre de *Desmoceras aff. Dupinianum* y comparada por *Uhlig* con *Puzosia Matheroni d'Orb.* y con *P. liptoviensis Zeuschner* (Liebus, Fossilien der Karpathischen Kreide, l. c., p. 117 (5), pl. VI. fig. 3; Uhlig ibidem, p. 126 y 127).

La forma de la concha bastante evoluta, no puede apreciarse bien por estar embutida en la roca. Se observan algunos rodetes ("bourrelets") distanciados, bien pronunciados y algo flexuosos. Son un poco inflexionados hacia adelante en el tercio interno de los flancos, pasan en líneas ligeramente arqueadas hacia adelante por la parte externa y se engruesan netamente hacia esta última. Entre los rodetes se observan más o menos siete costillas o estrías intercaladas más finas; parte de ellas nacen como los rodetes, cerca de la sutura, pudiendo alcanzar bastante relieve en el tercio inferior de los flancos y se bifurcan hacia la mitad de los flancos en dos ramos poco divergentes; otras son netamente intercaladas y nacen más allá de la mitad de los flancos. Ligeros surcos se observan delante de los rodetes, y atrás de ellos existen surcos muy anchos o, mejor dicho, fajas lisas, algo excavadas, de un ancho

considerable. Las costillas intercaladas son como los rodetes, ligeramente arqueadas hacia adelante al pasar por la parte externa.

Yacimiento de la forma vecina: Desmoceras aff. Dupinianum Liebus se encontró en el "Godulasandstein" de los Carpates.

Localidad en México: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas. Al Este del rancho "El Mulato;" localidad 5.

Puzosia aff. Matheroni d'Orb. sp.

Lám. II, fig. 1

1841. Ammonites Matheroni d'Orbigny, Pal. fr., terr. crét., t. I. p. 148, pl. 48, fig. 1-2.

Nuestro ejemplar está algo aplastado, de modo que no es posible apreciar sus dimensiones. La concha es bastante evoluta abrazándose las vueltas hasta la mitad, más o menos. El ombligo es bastante abierto, con bordes convexos, bastante altos y abruptos. Sobre el fragmento de la vuelta mayor de nuestro ejemplar se observan cuatro rodetes ("bourrelets") bastante anchos, pero no muy prominentes; nacen en el borde del ombligo y pasan en líneas rectas por los flancos y la parte externa. Los rodetes son limitados por ligeros surcos, siendo los de atrás más anchos y más marcados que los de adelante. Los rodetes se ensanchan hacia la parte externa.

Entre dos rodetes se observan 5 a 6 costillas intercaladas, que son por lo general más finas que los rodetes; pudiendo sin embargo alcanzar a veces la misma fuerza que éstos. Parte de ellas nace en el borde umbilical; otras son netamente intercaladas y aparecen a diferentes alturas, con frecuencia más o menos en el tercio superior de los flancos. Algunas costillas se bifurcan en dos ramos hacia la mitad de los flancos o más arriba; pero hay que hacer constar que dichas bifurcaciones no son siempre muy netas. Entonces, en vez de unirse claramente con una costilla larga, la costilla externa se aproxima a ella, debilitándose notablemente. Las costillas pasan como los rodetes en línea recta por los flancos y la parte externa engrosándose hacia esta última.

Nuestro ejemplar se distingue del tipo de la *Puzosia Matheroni d'Orb.* (d'Orbigny, l. c., p. 148, pl. 48, fig. 1-2) por sus rodetes ("bourrelets") menos distanciados y por el número menor de costillas entre éstos. En efecto, la forma mexicana posee 5 a 6 costillas entre dos rodetes, mientras que en la especie francesa existen 10 a 13. Además, rodetes y costillas de nuestra forma son más rectos que los ornamentos algo más flexuosos de la especie de d'Orbigny.

Yacimiento de la forma vecina: Puzosia Matheroni d'Orb. sp. se encuentra en el Aptiano inferior y superior del Sureste de Francia.

Localidad en México: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas. Al Este del rancho "El Mulato;" localidad 5.

SUBGENERO UHLIGELLA JACOB

Uhligella Aguilerae n. sp.

Lám. II, fig. 4-6

Dimensiones:	Diámetro:	40 mm.	
	Altura de la vuelta:	17 mm.	= 0.42
	Espesor de la vuelta:	14.5 mm.	= 0.36
	Diámetro del ombligo:	14 mm.	= 0.35

Concha discoidal con vueltas que se abrazan hasta la mitad y se acrecientan con bastante rapidez. El ombligo no es muy estrecho y se ensancha con la edad. Flancos algo convexos, en la juventud más bien aplanados. Parte externa arredondada, angosta en la juventud, bastante ancha en la última parte de la vuelta mayor de nuestro ejemplar. La sección transversal cambia con la edad: es alargada, angosta, mucho más alta que ancha y algo atenuada hacia la parte externa en la juventud, más tarde (en el último tercio de la vuelta mayor) casi arredondada, un poco más alta que ancha y con mayor espesor hacia la mitad.

La parte posterior de la vuelta mayor está adornada de rodetes ("bourrelets") flexuosos, bien marcados y muy distantes. Nacen en el borde del ombligo, son netamente inflexionados hacia adelante sobre la parte interna de los flancos y hacia atrás sobre la parte externa para pasar por la parte externa formando curvas de convexidad dirigida hácia adelante. Detrás de los rodetes se perciben apenas surcos muy poco marcados. En los intervalos anchos entre los rodetes se observan una a dos costillas externas intercaladas que nacen más allá de la mitad de los flancos y pasan del mismo modo como los rodetes, en curvas por la parte externa.

La parte anterior de la vuelta mayor muestra ornamentos semejantes que la posterior; pero aquí los rodetes son menos distantes y tienen más bien el aspecto de costillas. Los rodetes son bastante prominentes sobre la parte externa y limitados atrás por surcos bien marcados y bastante anchos. En los intervalos entre los rodetes se observan no solamente costillas externas intercaladas, sino también a veces costillas que nacen en el borde del ombligo y se bifurcan en dos ramos cerca de la mitad de los flancos. Rodetes, costillas y surcos son ligeramente arqueados hácia adelante al pasar por la parte externa.

Esta especie, sobre todo la parte posterior de la vuelta mayor, se parece mucho a la forma descrita por *R. Douvillé,* bajo el nombre *Sonneratia cfr. raresulcata* (R. Douvillé, Préalpes subbétiques, l. c., p. 209, pl. XIII, fig. 2, 2a). La forma de *Douvillé* no tiene a mi parecer nada que ver con el tipo de la *Saynella raresulcata Leym,* y es probablemente una Uhligella.

Además, Uhligella Aguilerae tiene una semejanza más remota con *Uhligella Clansayensis Jacob* (Jacob, Clansayes, l. c., p. 403, pl. III., fig. 2-3; comp. sobre todo fig. 2a-b). Sin embargo, difiere de la especie de Clansayes por el ombligo más abierto, una sección transversal diferente, por las costillas y rodetes mucho más apretados y menos hinchados.

Yacimiento de las formas vecinas: "Sonneratia" cfr. raresulcata Douvillé en el Aptiano superior de Conil (Préalpes subbétiques). Uhligella Clansayensis en el piso de Clansayes del Sureste de Francia.

Localidad en México: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas. Loma Verde; localidad 3.

Uhligella Jacobi n. sp.

Lám. II, fig. 7-10

Dimensiones:	Diámetro:	44 mm.	
	Altura de la vuelta:	21.5 mm.	= 0.48
	Espesor de la vuelta:	13 mm.	= 0.29
	Diámetro del ombligo:	10 mm.	= 0.22

Concha discoidal, aplanada e involuta. Las vueltas se abrazan hasta 2/3 en la última parte de la vuelta mayor, siendo más abrazantes antes. Flancos muy poco convexos, más bien aplanados; parte externa angosta, arredondada. Los flancos descienden bruscamente en una pared umbilical no muy alta, pero perpendicular, formando una carena obtusa en el borde del ombligo. También entre los flancos y la parte externa parece existir una carena obtusa, pero no es imposible, que se trata no más del efecto de una ligera compresión sufrida por la concha.

Sección transversal alargada, mucho más alta que ancha, con mayor espesor cerca de la región umbilical, algo adelgazada hacia la parte externa. El ombligo es estrecho, pero se ensancha algo con la edad.

La ornamentación de la parte posterior de la vuelta mayor consiste en rodetes ("bourrelets") flexuosos, bastante distantes y prominentes y en costillas finas intercaladas entre ellos. Los rodetes nacen en el borde del ombligo, son algo inflexionados hacia adelante sobre la parte interna de los flancos y hacia atrás sobre la parte externa de ellos. Son ligeramente arqueados hacia adelante al pasar sin alteración por la parte externa. Detrás de los rodetes se ven surcos poco marcados. En los intervalos entre los rodetes se observan dos o tres costillas intercaladas que nacen por lo general hacia el tercio superior, pero a veces (sobre todo las del medio, si hay tres) también hacia la mitad de los flancos. Estas costillas intercaladas son mucho más finas que los rodetes y pasan como éstos sin alteración por la parte externa, en donde son ligeramente arqueadas hacia adelante.

Sobre la última parte de la vuelta mayor se opera un cambio en la ornamentación. Los rodetes son aquí menos distantes y se parecen más a las costillas intercaladas. Entre los rodetes se observan una a tres costillas externas intercaladas; algunas de ellas tienen la tendencia de unirse a dos. La mayor parte de ellas son limitadas al tercio superior de los flancos, pero algunas descienden hasta el tercio inferior de los flancos, borrándose poco a poco. A veces se observa una bifurcación no muy clara de los rodetes en dos ramos hacia la mitad de los flancos. En estos casos se trata más bien de una costilla externa que se aproxima con su extremo al borde posterior de un rodete para simular así una bifurcación de este último. Surcos limítrofes de los rodetes son apenas visibles.

Uhligella Jacobi se aproxima a varias especies ya descritas. La forma más parecida, parece ser *Uhligella Rebouli Jacob in Fallot* (Fallot, Baleares, l. c., p. 21, pl. II, fig. 1a-b). Esta forma carece como la nuestra de tubérculos umbilicales y se asemeja mucho a ella por su ornamentación. Sin embargo, difiere por la sección transversal más ancha y por la ornamentación débil de las vueltas internas. El tipo de la *Uhligella Rebouli Jacob* (Jacob, Ammonites du Crétacé moyen, l. c., p. 32, pl. IV, fig. 1-5; compárese sobre todo fig. 1), se aleja más de Uhligella Jacobi por tener tubérculos umbilicales y una concha más gruesa. *Uhligella Zürcheri Jacob* (Gault de la Vallée de l'Engelberger Aa, l. c., p. 9, pl. II, fig. 1a-b), difiere de nuestra especie por una ornamentación más fina, por el mayor número de costillas intercaladas y por la concha más gruesa. Además, en la forma alpina se observan costillas menos flexuosas que tienen la tendencia más marcada de reunirse y de formar haces.

Por último, *Desmoceras bicurvatoides Sinzow*, que seguramente no tiene nada que ver con Saynella bicurvata Michelín, pero pertenece al subgénero Uhligella (comp: Sinzow, Aptien und Albien, l. c., p. 29, pl. II, fig. 7-18), se aproxima bastante a nuestra especie, distinguiéndose de ella por sus costillas más débiles y por la ornamentación distinta de las vueltas internas.

Yacimiento de las formas vecinas: Uhligella Rebouli (Jacob) Fallot en el Gault de las islas Baleares; Uhligella Zürcheri Jacob en la zona del Douvilléiceras subnodosocostatum del Aptiano superior de los Alpes Suizos.

Localidad en México: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del Nazas. Loma Verde; localidad 3.

Uhligella mexicana n. sp.

Lám. III, fig. 1-3

Dimensiones:	Diámetro:	63 mm.
	Altura de la vuelta:	26 mm. = 0.41
	Espesor de la vuelta:	19 mm. = 0.30
	Diámetro del ombligo:	19 mm. = 0.30

Concha aplanada, discoidal, compuesta de vueltas que se abrazan hasta la mitad. Ombligo bastante grande, poco profundo. Flancos algo convexos, pasando gradualmente en una pared umbilical oblicua, más bien baja. Parte externa angosta, arredondada. Sección transversal óvalo-alargada, mucho más alta que ancha, con mayor espesor más o menos en el tercio inferior de los flancos, adelgazada hacia la parte externa.

Sobre la parte posterior de la vuelta mayor sólo se perciben costillas falciformes bastante finas, limitadas a la mitad externa de los flancos. La parte anterior de la misma vuelta está adornada de rodetes ("bourrelets") flexuosos, bastante distantes y entre ellos de costillas finas intercaladas. Los rodetes son bastante bien marcados e hinchados, siendo limitados por surcos muy débiles, apenas perceptibles. Nacen en el borde del ombligo, se inflexionan hacia adelante sobre la mitad de los flancos y hacia atrás sobre la parte externa de ellos para pasar por la parte externa formando sobre ella ondulaciones bien marcadas cuyo vértice se dirige hacia adelante.

Entre los rodetes se observan costillas bastante finas (por lo general cinco a seis); algunas son netamente externas, limitadas a la parte externa de los flancos; otras, por lo contrario, se prolongan hasta la región umbilical. Las costillas son del mismo modo inflexionadas como los rodetes y tan sinuosas como ellos al pasar por la parte externa.

Nuestra forma se aproxima al tipo de la *Uhligella Dupiniana d'Orb. sp.* (Pal. fr., terr. crét. I, p. 276, pl. 81, fig. 6-8). La forma francesa es más involuta, tiene una sección transversal diferente y está adornada de costillas más flexuosas. Además, los rodetes son más distantes en la U. Dupiniana, observándose en los intervalos entre ellos mayor número de costillas.

Uhligella Walleranti Jacob (Ammonites du Crétacé moyen, l. c., p. 31, pl. XIII; compárese sobre todo fig. 2), se asemeja también a nuestra especie y tiene una sección transversal muy parecida. Sin embargo, difiere de ella por sus ornamentos más débiles y más flexuosos.

Yacimiento de las formas vecinas: Uhligella Dupiniana d'Orb. sp. y Uhligella Walleranti Jacob en el Gault inferior de Francia.

Localidad en México: Capas limítrofes entre el Aptiano y el Gault de San Gaspar Zumpahuacan (Estado de México).

PEDIOCERAS GERHARDT

Pedioceras durangense n. sp.

Lám. III, fig. 8-10

Dimensiones:	Diámetro:	31 mm.	
	Altura de la vuelta:	11.5 mm.	= 0.37
	Espesor de la vuelta:	9 mm.	= 0.29
	Diámetro del ombligo:	12 mm.	= 0.38

Concha aplanada, evoluta, compuesta de vueltas que se abrazan hasta el tercio, más o menos. Ombligo abierto, poco profundo. Flancos aplanados, apenas convexos, pasando insensiblemente en una pared umbilical oblicua, no muy alta. Parte externa aplanada, truncada, formando un ángulo con los flancos. Sección transversal más alta que ancha, alargada, hexagonal por existir entre los tubérculos laterales, situados en el cuarto superior de los flancos, y el margen externo, un plano oblicuo.

La superficie de la última vuelta de nuestro ejemplar está adornada de costillas finas, apretadas, algo flexuosas. Las costillas nacen sobre la pared del ombligo, se inflexionan algo hacia adelante al pasar por los flancos y son ligeramente falciformes hacia el borde externo. Algunas costillas son más débiles que las demás, siendo tan finas en la región umbilical, que se perciben apenas hasta el tercio interior de los flancos. Otras, por lo contrario, son algo más salientes.

Sobre la última parte de la vuelta mayor, todas las costillas forman dos series de tubérculos; una primera lateral, en el ángulo entre los flancos propiamente dichos y el plano oblícuo marginal ya mencionado, y una segunda en el margen externo marcando al ángulo entre la parte externa y el citado plano oblícuo. Algunas costillas, sobre todo las de mayor relieve,

llevan tubérculos más fuertes que las demás. Las costillas pasan en línea recta por la parte externa, siendo aquí anchas, pero no muy salientes.

La ornamentación de la parte posterior de la última vuelta es algo distinta; allí no existe todavía el plano oblícuo entre la parte externa y los flancos propiamente dichos, siendo los flancos entre el margen externo y el borde del ombligo regularmente convexos. Además, no todas las costillas forman tubérculos laterales en el tercio superior de los flancos, sino, por lo contrario, hay una alternación de costillas tuberculadas y costillas sin tubérculos, por lo general más débiles, intercalándose con frecuencia dos costillas sin tubérculos entre las costillas tuberculadas. En esta parte de la vuelta la superficie de la parte externa está mal conservada, de modo que no se puede ver con claridad cómo se comportan sobre ella las costillas.

Esta especie se aproxima al *Pedioceras Cundinamarcae Gerhardt* y al *P. caquesense Karsten sp.* De la primera (Gerhardt, Columbien, l. c., p. 172, pl. IV, fig. 7a-c), difiere principalmente por la concha aplanada con sección transversal angosta.

La segunda (Karsten, Columbien, pl. I, fig. 7a-b) se distingue por los mismos caracteres y además por su concha más involuta y por las costillas más anchas, separadas por intervalos más estrechos.

Yacimiento de las formas vecinas: Según Gerhardt, Pedioceras Cundinamarcae y P. Caquesense provienen del Aptiano de Colombia.

Localidad en México: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas. Loma Verde; localidad 3.

NEOCOMITES UHLIG

Neocomites nazasensis n. sp.

Lám. III, fig. 4-7

Dimensiones:	Diámetro:	58 mm.	
	Altura de la vuelta:	27 mm.	= 0.46
	Espesor de la vuelta:	14.5 mm.	= 0.25
	Diámetro del ombligo:	18 mm.	= 0.31

Concha aplanada, no muy involuta. Flancos algo convexos pasan en una pared umbilical no muy alta, pero abrupta. Parte externa truncada, aplanada y estrecha. Sección transversal mucho más alta que ancha, oblonga, con el mayor espesor algo adentro de la mitad de los flancos.

Superficie de los flancos adornada de costillas flexuosas, apretadas y más bien finas. Se distinguen costillas principales que nacen sobre la pared del ombligo y costillas intercaladas que, en número de una o dos, aparecen en los intersticios a corta distancia de la región umbilical o hacia la mitad de los flancos. Las costillas se inflexionan hacia adelante antes de llegar a la mitad de los flancos y hacia atrás sobre la mitad externa de éstos, siendo en este último tramo netamente falciformes. La mayor parte de las costillas tienen la misma fuerza; sólo algunas de las principales, por lo general alternativamente, se hinchan ligeramente en el tercio interior de

los flancos, en donde son algo prominentes, y éstas mismas sobresalen en el borde del ombligo bajo la forma de varillas tuberculiformes.

Todas las costillas se engruesan hacia el márgen externo, en donde terminan formando ligeros tubérculos marginales. La parte externa es casi enteramente lisa, observándose sólo ligeras estrías transversales sobre ella.

Esta especie parece aproximarse a varias formas descritas bajo el nombre *Hoplites cryptoceras.* Sobre todo, la especie descrita bajo esta denominación por *Pictet et de Loriol* (Terr. néoc. des Voirons, l. c., p. 20, pl. IV; fig. 4a-b), se asemeja bastante a la nuestra, pero difiere de ella por la forma de la sección transversal y por sus costillas mucho más apretadas.

El tipo del *Hoplites cryptoceras d'Orb.* se parece también a la forma mexicana (véase d'Orbigny, Pal. fr. terr. crét., l. c., t. I, p. 106, pl. 24). Sin embargo, la inexactitud manifiesta de las figuras de *d'Orbigny* (comp. Kilian, Lethaea mesozoica, Unterkreide 2, l. c., p. 220 y p. 198, nota infrapaginal) no permite una comparación con esta forma.

Yacimiento de la forma vecina: Hoplites cryptoceras Pictet et Loriol, se encontró en el Neocomiano del monte Voirons, cerca de Ginebra.

Localidad en México: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas. Al Este del rancho "El Mulato;" localidad 5.

DUFRENOYA GENUS NOVUM

Los autores no están de acuerdo en cuanto a la posición sistemática del grupo del *Ammonites Dufrenoyi d'Orbigny* y del *Ammonites furcatus Sowerby.* La mayoría colocó las especies de dicho grupo en el género Hoplites, y recientemente en el género o subgénero Neocomites (Kilian, Palaeocretacicum, 2, l. c., p. 280), mientras que otros las reúnen con Parahoplites.

C. Jacob al colocar en su excelente trabajo sobre el Cretáceo medio, los A. Dufrenoyi, furcatus y lurensis, en el género Parahoplites (1), lo hizo con ciertas dudas. Dicho autor se expresa en los términos siguientes: "Signalons tout d'abord une *forme un peu aberrante:* Am. furcatus Sow. (=Am. Dufrenoyi d'Orb.); le jeune a des côtes flexueuses, plus ou moins nettement fasciculées, interrompues sur le bord externe; il rappelle Am. neocomiensis d'Orb. Ultérieurement et plus ou moins tôt, suivant les échantillons, les côtes s'écartent, deviennent simples, donnent une alternance assez régulière de grandes et de petites côtes et surtout s'élargissent extérieurement et progressivement en prenant, de chaque côté de la ligne siphonale, des tubercules aplatis parallèlement au plan médian. Les côtes adultes sont plus ou moins écartées."

Tenía perfectamente razón *Jacob* al expresar sus dudas, pues me parece indudable, que el grupo del Am. furcatus y Dufrenoyi se distingue tanto de los Hoplites y Neocomites como de los Parahoplites. En efecto, las especies del grupo difieren de *Neocomites* por la complicación mucho menor de los ornamentos.

(1) Jacob: Etudes paléontologiques et stratigraphiques sur la partie moyenne des terrains crétacés, l. c., p. 354, 357.

Las costillas no forman nunca haces tan frecuentes y complicados; sobre todo el adulto ostenta por lo general una alternación regular de costillas principales grandes e intercaladas chicas. Además, los tubérculos umbilicales son menos marcados en el grupo del Am. furcatus y las costillas pasan aquí por lo general sin interrupción por la parte externa (por lo menos en el adulto de la mayoría de las especies). Por último, la línea sutural es mucho más sencilla y menos recortada que en Neocomites y tiene lóbulos auxiliares menos inclinados.

El grupo en cuestión se acerca a mi parecer mucho más al género *Parahoplites,* tanto por la ornamentación como por la estructura de la línea sutural. Difiere, sin embargo, por varios caracteres, sobre todo por los siguientes: la parte externa es, por lo menos en la juventud, lisa. El dorso es netamente truncado, observándose ángulos tuberculosos bien marcados entre la parte externa y los flancos. Las costillas no son bituberculadas sobre los flancos como en varias especies del género Parahoplites. De los Parahoplites con costillas rectas se distingue a primera vista por sus costillas siempre flexuosas, aunque es cierto que los caracteres de la parte externa se parecen a veces (compárese por ejemplo Parahoplites milletianus d'Orb.). Las diferencias entre los Parahoplites con costillas flexuosas y las especies de nuestro grupo son más delicadas (comp. por ejemplo Parahoplites Deshayesi Leym, que se acerca también por su sutura; véase Jacob: Ammonites du Crétacé moyen, l. c., p. 40, fig. 28, en el texto y Sarasin: Genre Hoplites, etc., l. c., p. 768, fig. 4, en el texto), sin embargo, en los primeros la parte externa no forma nunca ángulos tuberculosos tan bien marcados con los flancos.

Las diferencias enumeradas nos obligan a separar el grupo del Ammonites Dufrenoyi de Hoplites (Neocomites) y de Parahoplites.

No vacilo en crear para dicho grupo el nuevo género "Dufrenoya," tomando además en cuenta la importancia estratigráfica de dicho grupo, cuyas especies caracterizan al Aptiano superior de las regiones más diversas del mundo.

Podemos dar la *definición* siguiente *del nuevo género Dufrenoya:*

"Concha discoidal, aplanada, comprimida, involuta o más bien evoluta. Sección transversal ovalada u ovalada-alargada, algo adelgazada hacia la parte externa. Parte externa truncada, aplanada, formando ángulos bien marcados con los flancos. Costillas flexuosas, por lo general apretadas, cubren los flancos, se ensanchan hacia la parte externa y forman una inflexión dirigida hacia adelante sobre la mitad de los flancos, siendo algo falciformes e inflexionadas hacia atrás sobre la parte externa de éstos. Los flancos del adulto están adornados de costillas principales grandes e intercaladas chicas, que, por lo general, son simples y alternan con más o menos regularidad. Las costillas principales nacen en la región umbilical, las intercaladas hacia el tercio inferior o la mitad de los flancos, a veces también más abajo. A veces no hay alternación regular de las costillas y entonces se siguen varias costillas principales o intercaladas. En algunas formas se observa una bifurcación no siempre muy clara de las costillas hacia la mitad de los flancos. Tal bifurcación existe también en la juventud, y entonces las costillas forman a veces haces juntándose dos de ellas en la región umbilical por medio de ligeros hinchamientos tuberculiformes que

suelen observarse en el borde del ombligo. Las costillas forman tubérculos marginales denticulares en los ángulos, entre la parte externa y los flancos. Entre dichos pares de tubérculos la parte externa es o bien lisa, o bien las costillas pasan por ella. La mayoría de las especies parece tener en la juventud una parte externa lisa, pasando más tarde las costillas por ella de un modo más o menos marcado. A veces, lejos de ser atenuadas, las costillas son muy prominentes y marcadas al pasar por la parte externa (por ejemplo en Dufrenoya texana nob.). La línea sutural sólo se conoce con algún detalle de *Dufrenoya Dufrenoyi d'Orb.* sp. (véase la sutura publicada por Sarasin, Genres Hoplites, etc., l. c., p. 769, fig. 6 en el texto) y de *Dufrenoya hoplitoides Lasswitz sp.* (Kreideammoniten von Texas, l. c., p. 4, fig. 4 en el texto) (1). Sillas y lóbulos poco recortados, relativamente sencillos. Lóbulo externo más corto que el primer lóbulo lateral; este último casi simétrico, con tres ramos principales bien desarrollados. Segundo lóbulo lateral mucho más chico que el primero, asimétrico por desprenderse el ramo lateral principal externo más arriba del tronco que el interno. Uno o dos lóbulos auxiliares apenas oblicuos y muy chicos. Silla externa muy ancha, no estrechada en la base, subdividida en dos partes casi iguales por un lóbulo secundario corto. Primera silla lateral de la mitad del ancho de la silla externa, asimétricamente subdividida en dos ramos desiguales, de los cuales el interno es el más grande. Segunda silla lateral muy baja y ancha, subdividida en dos partes casi iguales; su altura no excede a la mitad de la altura de la primera silla lateral." Las especies del género Dufrenoya caracterizan al Aptiano superior, siendo citadas algunas también del Aptiano inferior.

Extensión geográfica del género considerable: Europa septentrional, central, oriental y meridional; América del Norte (Texas, México) y del Sur (Colombia); Africa (Argel, País de los Somalis).

Coloco las siguientes especies en el género Dufrenoya:

(1). *De Europa septentrional, central y meridional:*

Dufrenoya Dufrenoyi d'Orb. sp. (d'Orbigny, Pal. fr., terr. crét., I., l. c., p. 200, pl. 33, fig. 4-6; Quenstedt, Cephalopoden, l. c., p. 158, pl. 10, fig. 10a-b). Véase esta memoria, p. 18.

Dufrenoya furcata Sow. sp. (Sowerby in Fitton 1836, l. c., p. 339, pl. XIV, fig. 17). Véase esta memoria, p. 20, lám. X, fig. 12-13.

Dufrenoya lurensis Kilian sp. (Kilian, Provence, l. c., p. 681, pl. XX, fig. 2.)

(2). *De Europa oriental:*

Dufrenoya cfr. furcata in Sinzow. (Sinzow, Aptien u. Albien, 1910, l. c., p. 4, pl. I, fig. 5-6.)

(3). *De Texas (Trinity beds):*

Dufrenoya texana nob. (= Hoplites furcatus in Kilian: Aptien in Südafrika, l. c., 1902, p. 467. Lasswitz: Kreideammoniten von Texas, l. c., p. 4, figura 1 en el texto). Véase esta memoria, p. 20, lám. IX, fig. 2-3.

Dufrenoya Justinae Hill sp. (Hill, Trinity Division, l. c., p. 38, pl. VII, fig. 1-3.) Véase esta memoria, lám. X, fig. 14-15.

(1) Las descripciones sin figuras de las suturas de Dufrenoya Roemeri Cragin y Dufrenoya Codazziana Karsten, son tan deficientes que no es posible formarse una idea de ellas. La figura de la sutura de Dufrenoya hoplitoides en el trabajo citado de Lasswitz, no parece ser muy correcta (véase la forma imposible de los lóbulos laterales).

Dufrenoya Roemeri Cragin sp. (Cragin, Texas Cretaceous, l. c., p. 234, pl. XLIV, fig. 4-5.)

Dufrenoya hoplitoides Lasswitz sp. (Lasswitz, l. c., p. 19, pl. III, fig. 3a-b.)

(4). *De México:*

Dufrenoya aff. Dufrenoyi d'Orb. sp. (Véase esta memoria p. 18, lám. X, fig. 1-4, 7-9.)

Dufrenoya texana n. sp. (Véase esta memoria, p. 20, lám. IX, fig. 4-15.)

Dufrenoya sp. ind.

(5). *De Colombia:*

Dufrenoya Codazziana Karsten sp. (Karsten, l. c., p. 108, pl. III, figuras 4a-b., 5a-b.) Véase esta memoria, lám. X, fig. 10-11.

Dufrenoya Stuebeli Gerhardt sp. (Gerhardt, l. c., p. 166. pl. IV, fig. 6a-b.) Véase esta memoria, lám. X, fig. 5-6.

(6). *Del Somaliland:*

Dufrenoya somalica Mayer-Eymar sp. (Mayer-Eymar, l. c., p. 259, pl. II, fig. 5-6.) (1) (2)

Dufrenoya aff. Dufrenoyi d'Orb. sp.

Lám. X, figs. 1-4, 7-9

1841. Ammonites Dufrenoyi d'Orbigny: Pal. fr., terr. crét. I, p. 200, pl. 33, fig. 4-6.

1849. Ammonites Dufrenoyi Quenstedt: Cephalopoden, l. c., p. 158. pl. X, fig. 10a-b.

Dimensiones:	Diámetro:	21 mm.	
	Altura de la vuelta:	9 mm.	= 0.42
	Espesor de la vuelta:	6 mm.	= 0.28
	Diámetro del ombligo:	6.5 mm.	= 0.31

1. Un pequeño ejemplar de la Loma Verde (lám. X, fig. 7-9) tiene una concha aplanada, discoidal y bastante involuta. Las vueltas se acrecientan rápidamente. El ombligo es estrecho y poco profundo. Flancos poco convexos, pasando gradualmente en una pared umbilical baja y oblicua. Parte externa truncada, ligeramente convexa, más bien aplanada. Sección transversal alargada, mucho más alta que ancha, con mayor espesor en el tercio inferior de los flancos, adelgazada hacia la parte externa.

Superficie cubierta de costillas flexuosas, finas, pero bastante salientes. Las unas, principales, nacen cerca de la comisura, son bastante salientes en el borde umbilical, pero sin formar tubérculos verdaderos; se inflexionan

(1) Gracias a la bondad de los señores profesores *Bather, Branca Deussen, Holzapfel, Kilian, Reboul, Rollier* y *Slanton*, pude estudiar los moldes de yeso de los tipos de Dufrenoya furcata, Codazziana, Justinae, Stuebeli, texana y somalica, por lo cual les doy aquí las más expresivas gracias.

(2) La lista anterior data del año 1911. *Kilian* colocó en 1913 (Palaeocretacicum, l. c. 3 Liefg. p. 348) las siguientes formas en el grupo del "Neocomites" furcatus; N. furcatus Sow sp.; N. Dufrenoyi d'Orb. sp.; N. lurensis Kilian, N. somalicus Mayer-Eym., N. Stuebeli Gerhardt.

hacia adelante sobre la parte interna y hacia atrás sobre la parte externa de los flancos. Entre las costillas principales se observan una o dos costillas externas intercaladas, que nacen a diferentes alturas, por lo general hacia la mitad de los flancos, pero a veces también más abajo en la región umbilical.

A veces se observa una bifurcación de las costillas principales hacia la mitad de los flancos. Debo advertir, sin embargo, que dicha bifurcación no suele ser siempre muy neta por tratarse más bien de una costilla externa intercalada que se aproxima mucho con su punta interna al borde de una costilla principal.

En el margen externo todas las costillas forman tubérculos finos, pero bien marcados. La parte externa de la parte posterior de la vuelta mayor es lisa; pero más tarde se ve que las costillas pasan por ella, siendo, es cierto, muy debilitadas.

Localidad: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas. Loma Verde; localidad 3.

2. Dos ejemplares de tamaño mayor, desgraciadamente algo aplastadas y embutidas en la roca (lám. X, fig. 1-4) y además varias impresiones (lám. X, fig. 2-3) se encontraron al Este del rancho "El Mulato." Por el estado de conservación no se pueden apreciar bien las dimensiones, sólo se vé que se trata de conchas bastante involutas con ombligo estrecho. Los flancos son poco convexos; la parte externa es truncada, aplanada. La sección transversal se parece a la del pequeño ejemplar ya descrito.

La ornamentación sólo se ve con claridad sobre la última parte de las vueltas más grandes de nuestros ejemplares. Allí se observa una alternación regular de costillas principales, que nacen en el borde del ombligo, y de costillas externas intercaladas, que aparecen en el tercio inferior o hacia la mitad de los flancos. Las costillas son bien marcadas, pero más bien finas, netamente flexuosas y bastante apretadas; se inflexionan hacia adelante sobre la parte interna y hacia atrás sobre la parte externa de los flancos. A veces las costillas principales son algo más salientes e hinchadas en el borde umbilical. Todas las costillas se engruesan algo hacia el margen externo, en donde forman tubérculos finos, pero bien marcados. La parte externa es lisa, con excepción del último tramo de la vuelta mayor de dos ejemplares, en donde las costillas pasan en línea recta por ella.

Localidad: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas. Al Este del rancho "El Mulato;" localidad 5.

Me parece indudable que nuestras formas se aproximan mucho al tipo de la *Dufrenoya Dufrenoyi d'Orb.* (d'Orbigny, l. c., p. 200, pl. 33, fig. 4-6.) Sin embargo, según *d'Orbigny,* el dorso de la especie francesa es liso, mientras que en el último tramo de las vueltas más grandes de los ejemplares mexicanos las costillas pasan por la parte externa. En ellos el dorso solamente es liso durante la juventud.

Haré notar aquí la imposibilidad de reunir *Dufrenoya Dufrenoyi d'Orb. sp.* con *D. furcata Sow. sp.,* a pesar de las indicaciones de *Pictet, Kilian* y otros autores. (Véase abajo la descripción de Dufrenoya texana.)

Yacimiento de la forma vecina: Dufrenoya Dufrenoyi d'Orb. caracteriza al Aptiano superior (Gargasiano). El tipo se encontró en el Sureste de Francia (Gargas). La especie es también citada del Aptiano inferior.

Dufrenoya texana, n. sp.

Lám. IX, fig. 2-15

1902. Hoplites furcatus Kilian, Aptien in Südafrika, Centralblatt, l. c., p. 466, p. 467.

1904. Hoplites furcatus Kilian in Lasswitz, Kreideammoniten von Texas, p. 4. Textfigur 1.

Dimensiones (molde del tipo:	Diámetro:	54 mm.	
	Altura de la vuelta:	23 mm.	= 0.42
	Espesor de la vuelta:	15.5 mm.	= 0.28
	Diámetro del ombligo:	17 mm.	= 0.31

Poseo varios fragmentos de vueltas de una Dufrenoya que me parecen ser completamente idénticos con la forma de Texas, descrita y figurada por *Kilian* y *Lasswitz* (l. c.) bajo el nombre *Hoplites furcatus Sow.* No puedo admitir tal identificación por distinguirse la forma texana, tanto de la Dufrenoya furcata Sow. sp. como de la Dufrenoya Dufrenoyi d'Orb. sp. Difiere, en efecto, de la forma de *Sowerby* por sus costillas más apretadas y no bifurcadas, y de la de *d'Orbigny* por su concha más evoluta, por sus costillas más robustas y sobre todo por el hecho de que las costillas pasan por lo general en línea recta por la parte externa, siendo sobre ella muy bien marcadas. Debo advertir aquí que el dibujo de la forma texana publicado por *Lasswitz* (Textfigur 1, p. 4, l. c.) es completamente inexacto. Un molde de yeso de la forma texana, que debo a la bondad del señor profesor *W. Kilian,* deja ver claramente que las costillas (con excepción de dos) pasan sin interrupción por la parte externa, siendo sobre ella muy fuertes, y que además hay una alternación regular de costillas principales y de costillas externas intercaladas. Sobre las figuras de *Lasswitz* no se ve tal alternación de las costillas, sino se observan casi exclusivamente costillas principales simples. Además, según la figura de *Lasswitz,* casi todas las costillas se interrumpen o se debilitan sobre la parte externa, lo que no es el caso (compárense las figuras citadas de *Lasswitz* con las figuras de un molde del mismo ejemplar texano en esta memoria, lám. IX, fig. 2-3).

Nuestros fragmentos (lám. IX, fig. 4-15) provienen de una forma bastante evoluta y aplanada con flancos poco convexos y con una parte externa truncada y aplanada. La sección transversal es óvalo-alargada, con mayor espesor en el tercio inferior de los flancos.

La superficie está cubierta de costillas flexuosas, fuertes y prominentes que nacen cerca de la comisura, se inflexionan hacia adelante sobre la parte interna y hacia atrás sobre la parte externa de los flancos. Por lo general se observa una alternación regular de costillas principales simples y de costillas externas intercaladas. Estas últimas nacen hacia el tercio inferior o la mitad de los flancos en los intervalos intercostales. A veces hay dos costillas intercaladas.

Todas las costillas forman tubérculos en el márgen externo de los flancos y pasan en líneas rectas por la parte externa, en donde son muy fuertes y algo hinchadas.

Los fragmentos del río Nazas se parecen tanto al tipo texano, que creo poderlos identificar con él. Mencionaré, sin embargo, que las costillas de la forma mexicana son algo más robustas y que las principales se observan ya sobre la pared umbilical, mientras que en la forma texana parecen nacer en el borde del ombligo.

Yacimiento de la especie en Texas: "Trinity beds" de Combs Hollow.

Localidad en México: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas. Loma Verde; localidad 3.

Dufrenoya sp. ind.

Sólo mencionaré aquí la impresión de un pequeño fragmento, que presenta cierto interés por acercarse a la *Dufrenoya lurensis Kilian* (Kilian: Provence, l. c., p. 681, pl. XX, fig. 2). Está adornado el fragmento de costillas fuertes, que se inflexionan hacia atrás y aplanándose se ensanchan mucho hacia el margen externo de los flancos, en donde forman tubérculos marginales fuertes y alargados. La mayor parte de las costillas son simples, observándose solamente dos o tres costillas intercaladas.

Localidad en México: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas. Al Sur del cañón del Borrego; localidad 7.

PARAHOPLITES ANTHULA EMEND. JACOB

a). Fósiles de las Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior)

Parahoplites aff. Milletianus d'Orb. sp.

Lám. III, fig. 14-19. Lám. IV, fig. 18

		Forma 1.	Forma 2.
Dimensiones:	Diámetro:	26 mm.	24 mm.
	Altura de la vuelta:	10 mm. = 0.38	10 mm. = 0.41
	Espesor de la vuelta:	11 mm. = 0.42	11 mm. = 0.45
	Diámetro del ombligo:	10 mm. = 0.38	8.5 mm. = 0.35

Poseo dos formas aparentadas con Parahoplites Milletianus, pero tratándose de ejemplares pequeños no me atrevo a determinarlas definitivamente.

1. La primera de las dos formas (lám. III, fig. 17-19) tiene una concha discoidal y aplanada. Las vueltas se abrazan hasta el tercio más o menos y se acrecientan más bien rápidamente. El ombligo es bastante abierto y poco profundo. Flancos y parte externa algo convexos; los primeros pasan en una pared umbilical oblicua y no muy alta. Haré notar que la pared del ombligo es más alta y más abrupta en un lado de nuestro ejemplar que en el otro. Sección transversal arredondada, tan ancha como alta.

Costillas bastante apretadas y fuertes, pero poco salientes, cubren los flancos. Las unas, principales, nacen sobre la pared umbilical; las otras se intercalan entre ellas y aparecen hacia el tercio inferior de los flancos en

los intersticios entre las costillas principales. Costillas principales e intercaladas, no alternan siempre con regularidad, observándose a veces dos costillas principales que se siguen.

Las costillas principales forman casi siempre ligeros tubérculos o más bien hinchamientos, en el borde del ombligo, y se bifurcan a veces en dos ramas a partir de estos tubérculos. Las costillas pasan en líneas casi rectas, oblícuamente inclinadas hacia adelante por los flancos. Sobre la parte externa no se alteran, siendo algo arqueadas hacia adelante.

Esta forma se parece al ejemplar joven del *Parahoplites Milletianus,* figurado por *Pictet et Campiche* (Ste. Croix, l. c., pl. XXXVII, fig. 2, p. 261). Difiere de él por la parte externa más convexa, sin ángulos marginales. Además, en la forma europea se observan tubérculos o hinchamientos sobre las costillas en los ángulos marginales, siendo las costillas algo atenuadas en el centro de la parte externa. En nuestra forma, por lo contrario, las costillas pasan sin alteración y sin formar tubérculos por la parte externa.

2. La segunda forma (lám. III, fig. 14-16) tiene una concha bastante evoluta. El ombligo es bastante abierto por no abrazarse mucho las vueltas. Los flancos son convexos y pasan en una pared umbilical algo convexa, bastante alta y abrupta. Parte externa aplanada, separada de los flancos por ángulos no muy bien marcados. Sección transversal casi cuadrada, un poco más ancha que alta.

Los ornamentos pueden observarse solamente sobre el último tercio de la vuelta mayor, siendo el resto de la concha mal conservado. En este tramo se ven costillas algo irregulares. Las costillas principales, que nacen sobre la pared umbilical, son desiguales en fuerza y separadas por intervalos muy desiguales. Algunas de ellas son muy salientes sobre la mitad interna de los flancos, hinchándose algo, sobre todo antes de llegar a la mitad.

Las costillas principales alternan con costillas intercaladas, que aparecen en los intersticios entre ellas hacia la mitad de los flancos. A veces siguen dos costillas principales, por lo general, desiguales en fuerza. Las costillas pasan en línea recta por la parte externa, siendo algo atenuadas en el centro y ligeramente hinchadas al pasar por los ángulos marginales.

Esta forma se aproxima mucho al *Parahoplites Milletianus var. plesiotypica Fritel* (Fritel: Sur les variations de l'Acanthoceras Milletianum, l. c., p. 246, fig. 2 en el texto).

Yacimiento de la forma vecina: Parahoplites Milletianus y sus variaciones caracterizan en Europa las capas limítrofes entre el Aptiano y el Gault y las capas inferiores del Gault. También se cita al P. Milletianus del Aptiano.

Localidad en México: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas, Loma Verde; localidad 3. Mencionaré aquí además un pequeño fragmento de una forma muy vecina del Parahoplites Milletianus, que proviene del Sur del Cañón del Borrego; localidad 7. (Véase lám. IV, fig. 18).

Parahoplites, varias formas indeterminadas

Lám. III, fig. 11-13. Lám. IV, fig. 19-23

Fragmentos de varias formas no pueden ser determinadas definitivamente. Sin embargo, me parece útil señalar estas formas porque tienen algún parecido con varias especies bien conocidas del Aptiano superior.

1. Tres fragmentos comprimidos de una forma evoluta (lám. III, figura 11-13) se aproximan al *Parahoplites crassicostatus d'Orb. sp.* (d'Orbigny: Pal. fr., terr. crét. I, p. 197, pl. 59, fig. 1-2). Difiere, sin embargo, por carecer de tubérculos y de costillas bifurcadas. Por lo contrario, sólo hay costillas simples principales y costillas intercaladas, que alternan a veces regularmente, mientras que a veces se siguen dos costillas principales.

Las costillas pasan en línea recta por los flancos y la parte externa, siendo fuertes y gruesas y engrosándose hacia la parte externa, por la cual pasan sin alteración.

Localidad en México: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas. Loma Verde; localidad 3.

2. Un fragmento, no comprimido, pertenece a una forma evoluta, muy inflada y gruesa. Sección transversal arredondada; parte externa convexa; flancos más bien aplanados, descendiendo bruscamente en una pared umbilical alta y abrupta. Costillas principales distantes y muy robustas nacen cerca de la comisura, pasan en línea recta por los flancos y se bifurcan en parte sobre la mitad de los flancos; otras quedan simples. Pasan en líneas algo arqueadas por la parte externa. En un lugar se observa una costilla intercalada. Las costillas son muy salientes y gruesas; parecen hincharse algo en el punto de bifurcación y en los márgenes externos.

Nuestro fragmento se parece mucho al *Parahoplites Tobleri Jacob* (Gault de la Vallée de l'Engelberger Aa, l. c., p. 11., pl. II, fig. 4-6). Sin embargo, es mucho más grueso que los individuos adultos de la forma suiza de tamaño correspondiente. Más que al adulto se parece a los individuos jóvenes de la especie suiza, que son también bastante gruesos.

Localidad en México: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas. Loma Verde; localidad 3.

3. Dos fragmentos comprimidos de una forma evoluta (lám. IV, fig. 19-23) se aproximan a mi parecer al *Parahoplites gargasensis d'Orb. sp.* (Pal. fr., terr. crét. I., p. 199, pl. 59, fig. 5-7).

Están adornadas de costillas principales y externas. Las principales nacen cerca de la comisura, son bastante distantes, pero gruesas, y se inflexionan hacia adelante en la parte media de los flancos. Algunas de estas costillas se bifurcan más o menos netamente más allá de la mitad de los flancos después de haberse hinchado para formar débiles tubérculos o más bien protuberancias. La mayoría, sin embargo, queda simple, intercalándose entre ellas una o dos costillas externas, netamente intercaladas, que nacen en los intersticios, por lo general, hacia la mitad o el tercio superior de los flancos. Cuando hay dos costillas intercaladas entre las principales, la anterior es más larga que la posterior. Todas las costillas pasan sin alteración en línea recta por la parte externa. Las costillas principales son más fuertes y gruesas que las intercaladas aun sobre la parte externa. Sólo en la última

parte del fragmento mayor adquieren las costillas secundarias e intercaladas la misma fuerza que las principales. Una costilla principal se termina antes de llegar al borde del ombligo y otras llegan a él, pero son completamente atenuadas y tan finas en el último tramo, que se distinguen apenas.

Del tipo del *Parahoplites gargasensis d'Orb.* se distinguen nuestros fragmentos, sobre todo, por las costillas continuadas, no interrumpidas ni debilitadas de la parte externa. Recordaré sin embargo, que según *Kilian* (Lure, l. c., p. 269) la interrupción ventral de las costillas no es tampoco constante en las formas europeas del Parahoplites gargasensis. También *Pervinquière* menciona (Céphalopodes de Tunisie, l. c., p. 191) un ejemplar de Túnez, sin costillas atenuadas o interrumpidas sobre la parte externa.

Localidad en México: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas; al Este del rancho "El Mulato;" localidad 5.

b). Fósiles de las Capas limítrofes entre el Aptiano y el Gault (Piso de Clansayes)

Parahoplites juv. varias formas indeterminadas

Lám. IV, fig. 1-14

1. Poseo varios pequeños ejemplares, que parecen pertenecer al grupo del *Parahoplites Milletianus d'Orb.* (lám. IV, fig. 1-6, 11-14.) Concha bastante evoluta, compuesta de vueltas que se acrecientan más bien lentamente y se abrazan hasta la mitad. Sección transversal más o menos redonda. La superficie está adornada de costillas apretadas, bien marcadas. Casi todas son costillas principales que nacen en la comisura; sólo a veces se observa una costilla intercalada entre ellas. Algunas pocas costillas principales se bifurcan, por lo general en la mitad de los flancos. A veces se observa una costilla que tiene más relieve que las demás. Todas las costillas pasan sin alteración en línea recta por la parte externa.

Localidad en México: Capas limítrofes entre el Aptiano y el Gault del río Nazas. Cerca del rancho Colorines, localidad 1, y al Norte del Cañón del Borrego, localidad 9.

2. El pequeño fragmento de una vuelta (lám. IV, fig. 7-10) pertenece a una forma bastante evoluta. La superficie está cubierta de costillas apretadas, fuertes y salientes que pasan en líneas rectas, oblicuamente inclinadas hacia adelante por los flancos. Hay algunas pocas costillas intercaladas, pero la mayoría son principales y nacen en la comisura. A veces se bifurcan las costillas principales en la mitad de los flancos. Algunas de las costillas que se bifurcan (pero no todas) y algunas simples forman tubérculos laterales prominentes en la mitad de los flancos (las bifurcadas antes de subdividirse). Algunas costillas tienen más relieve que las demás. Existe una costilla tripartita, formada por una costilla principal, bifurcada en la mitad de los flancos, y por una costilla posterior más débil, que se desprende cerca del borde umbilical del lado posterior de la costilla bifurcada. Las costillas pasan sin alteración en línea recta por la parte externa.

Nuestro fragmento se parece mucho a la pequeña forma descrita por

Pervinquière bajo el nombre *Parahoplites Bigoti Seunes* (Pervinquière: Céphalopodes de Tunisie, l. c., p. 192, pl. VII, fig. 36a-b).

Localidad en México: Capas limítrofes entre el Aptiano y el Gault del río Nazas. Al Norte del Cañón del Borrego; localidad 9.

DOUVILLEICERAS GROSSOUVRE

Según los trabajos de varios autores, principalmente *Jacob, Kilian, Uhlig* y *Sinzow*, podemos distinguir varios grupos en el género Douvilléiceras. Daré a continuación una enumeración de las especies que pertenecen a dichos grupos. Haré constar, sin embargo, que dicha lista no pretende ser completa. Existen varias formas, por lo general todavía mal conocidas, que no pueden ser colocadas con seguridad en uno de los grupos antes de ser examinadas de nuevo (1) (2).

I. *Grupo del Douvilléiceras Albrechti-Austriae.*

Douvilléiceras Albrechti-Austriae Hohenegger sp.
D. Stobiesckii d'Orb. sp.
D. pachystephanum Uhlig sp.
D. marcomannicum Uhlig sp.

Especies mexicanas:

D. aequicostatum n. sp.
D. sp. ind.
} del Aptiano superior del río Nazas.

II. *Grupo del Douvilléiceras Cornueli et Martinii.*

IIa. *Subgrupo del Douvilléiceras Cornueli.*

Douvilléiceras Cornueli d'Orb. sp.
D. Meyendorffi d'Orb. sp.

IIb. *Subgrupo del Douvilléiceras Martinii.*

Douvilléiceras Martinii d'Orb. sp.
D. Martinii d'Orb. sp., var. occidentalis Jacob.
D. Martinii d'Orb. sp., var. orientalis Jacob.
D. Martinii d'Orb. sp., var. caucasica Anthula.
D. Martinii d'Orb. sp., var. Gottschei Kilian.
D. subnodosocostatum Sinzow.
D. subnodosocostatum, var. robusta Sinzow.

---

(1) Así, por ejemplo, no puedo decidir si **Parahoplites Sarasini et hanovrensis Collet** pertenecen realmente al género Parahoplites o al grupo del Douvilléiceras Bigoureti. Por lo general, la separación de los Douvilléiceras del grupo del Douvilléiceras Bigoureti de los Parahoplites bituberculados es sumamente delicada y en muchos casos al parecer casi imposible.

Acanthoceras Kiliani se aproxima, según **von Koenen**, su autor, a los Douvilléiceras Martinii y Cornueli, pero según Sinzow (Ammoniten aus dem untern Gault Mangyschlaks u. des Kaukasus, l. c., p. 489) pertenece al grupo de los Acanthohoplites.

Por último, no puedo decidir la cuestión si **Douvilléiceras Cornueli Sinzow p. p.** (=D. Meyendorffi Sinzow non d'Orb.) pertenece más bien al subgrupo IIa o IIb.

(2) La lista data de 1911. En 1913 **Kilian** (Palaeocretacicum, l. c. 3, p. 339) distribuyó las especies de un modo algo distinto. Incluye los Parahoplites del grupo crassicostatus-gargasensis en Acanthohoplites y coloca Douvilléiceras Cornueli y Meyendorffi en el grupo del D. Albrechti-Austriae. Douvilléiceras Gottschei Kilian y delagoense Krenkel pertenecen según algunos autores al género Cheloniceras (F. L. Spath, Ann. S. African Mus, XII, 1921).

D. subnodosocostatum, var. pusilla Sinzow.
D. aff. et cfr. subnodosocostatum Vasilievskij.
D. Buxtorfi Jacob.
D. volgense Vasilievskij.
D. clansayense Jacob.
D. Tschernyschewi Sinzow.
D. Tschernyschewi, var. minuta Sinzow.
D. Amazonarum nom. nov. (= D. Stoliczkanum. R. Douvillé, p. p., Crétacé sudaméricain, l. c., pl. I, fig. 1, 1a.)
D. Stoliczkanum Gabb sp.

Especies mexicanas:

Douvilléiceras aff. Martinii d'Orb. sp., var. orientalis Jacob.
D. nazasense n. sp.
D. Wilfridi n. sp.
D. aff. Stoliczkanum Gabb sp.
D. paucinodum n. sp.
D. Sub-Buxtorfi n. sp.
D. cfr. Buxtorfi Jacob p. p.
D. sp. ind.
} del Aptiano superior del río Nazas.

D. juv. cfr. clansayense Jacob.
D. cfr. clansayense Jacob.
} Del Piso de Clansayes (=Capas limítrofes entre el Aptiano y el Gault) del río Nazas.

III. *Grupo del Douvilléiceras Ricordeanum.*
Douvilléiceras Ricordeanum d'Orb. sp.
Douvilléiceras Royerianum d'Orb. sp.

IV. *Grupo del Douvilléiceras nodosocostatum (Diadochoceras Hyatt).*
Douvilléiceras pretiosum d'Orb. sp.
D. nodosocostatum d'Orb. sp.
D. Ridzewskyi Karakasch (según *Sinzow* = Crioceras; según *Kilian* =Ammonitoceras).
D. santafecinum nom. nov. (= D. Stoliczkanum R. Douvillé p. p., Crétacé sudaméricain, l. c., pl. I, fig. 2, 2a.)
D. guaduasense d'Orb. sp. (1853, p. 212, pl. IV, fig. 3-4).

Especie mexicana:

D. cfr. nodosocostatum d'Orb. (véase Burckhardt en Boletín 29, l. c., p. 198, pl. VII, fig. 19-21).
} Del Piso de Clansayes de San Pedro del Gallo (Durango).

V. *Grupo del Douvilléiceras mamillatum (Douvilléiceras s. str.)*
Douvilléiceras mamillatum Schloth. sp.
D. Orbignyi Hyatt.
D. paucicostatum Parona et Bonarelli.
D. inaequinodum Parona et Bonarelli.
D. spiniferum Whiteaves.
D. Ivernoisi Coq. sp. (= A mamillatus Pictet et Renevier).
D. solitae d'Orb. sp. (1853. Jl. de Conch. p. 211, pl. IV, fig. 1-2).

VI. *Grupo del Douvilléiceras Bigoureti Seunes (Acanthohoplites Sinzow; Parahoplites Anthula p. p.)*

Douvilléiceras Bigoureti Seunes sp.
D. Bergeroni Seunes sp.
D. Nolani Seunes sp.
D. Abichi Anthula sp.
D. aschiltaense Anthula sp.
D. multispinatum Anthula sp.
D. delagoense Krenkel.
D. peltoceroides Pavlow sp.
D. subpeltoceroides Sinzow sp.
D. evolutum Sinzow sp.
D. laticostatum Sinzow sp.
D. Lorioli Sinzow sp.
D. subangulatum Sinzow sp.
D. Trautscholdi Sim. Bac. et Sorokin sp.

Especies mexicanas:

Douvilléiceras sp. ind. (descrito sub Parahoplites. Mazapil, Boletín 23, pl. 43, fig. 1, 3, 7).
D. (descrito sub Parahoplites) del grupo aschiltaense (ibidem, pl. 42, fig. 8-10).
D. juv. varias formas indeterminadas.

} Del Piso de Clansayes de Mazapil, Nazas y San Gaspar.

1. *GRUPO DEL DOUVILLEICERAS ALBRECHTI-AUSTRIAE*

Fósiles de las capas con Douvilléceras (Aptiano superior)

Creo poder colocar en el grupo del Douvilléiceras Albrechti-Austriae, dos formas que se asemejan, sobre todo, al *Douvilléiceras pachystephanum Uhlig* por sus costillas gruesas, hinchadas, iguales entre sí y desprovistas de tubérculos en la edad madura. Se distinguen sin embargo de la especie citada (comp. Uhlig, Wernsdorferschichten, l. c., pl. XXIV, fig. 1., p. 131) por sus caracteres más pronunciados. En efecto, los tubérculos desaparecen más pronto en nuestras formas y la tendencia de las costillas de hacerse iguales se manifiesta ya mucho antes.

Según la descripción de Kilian (Lure, l. c., p. 248, 249), nuestras formas deben también acercarse al *Douvilléiceras Stobiesckii d'Orb.* De esta especie dice el autor citado (l. c.): "Les tubercules s'effacent avec l'âge; les côtes accessoires déjà presque égales aux autres deviennent alors aussi fortes que les côtes principales."

Douvilléiceras aequicostatum n. sp.

Lám. IV, fig. 15-17

Dimensiones:	Diámetro (aproximado):	103 mm.	
	Altura de la vuelta:	36 mm.	= 0.34
	Espesor de la vuelta:	45.5 mm.	= 0.45
	Diámetro del ombligo:	45 mm.	= 0.43

Concha muy inflada, compuesta de vueltas que se acrecientan más bien rápidamente y se abrazan hasta un poco más de la mitad. Ombligo profundo, escalariforme. Las vueltas son muy gruesas, de sección deprimida, más ancha que alta y con mayor espesor en la mitad de los flancos. Flancos ligeramente convexos, descendiendo poco a poco en una pared umbilical alta y abrupta. Parte externa poco convexa, más bien aplanada.

La ornamentación cambia muy poco con la edad. Ya sobre la penúltima vuelta se perciben en la apertura del ombligo costillas simples, apretadas, iguales entre sí y desprovistas de tuberculos. Nacen cerca de la comisura y pasan en línea recta, pero oblicuamente inclinadas hacia adelante por los flancos. Las vueltas internas están desgraciadamente mal conservadas; sin embargo creo ver en la apertura umbilical, que allí existen sobre algunas costillas ligeros tubérculos cerca del borde umbilical, bifurcándose a veces a partir de ellos las costillas. Las costillas de la última vuelta son iguales entre sí, apretadas y todas simples. Nacen cerca del borde umbilical siendo algo inclinadas hacia atrás y muy poco marcadas sobre la pared del ombligo, para pasar luego en línea casi recta y radial por los flancos. Dichas costillas son más bien finas sobre la parte posterior de la vuelta mayor, pero muy fuertes, gruesas e hinchadas sobre la última parte de la misma. Son equidistantes y completamente desprovistas de tubérculos. Siendo más bien finas en la región umbilical, van engrosándose notablemente hacia la parte externa. Sobre esta última pasan en líneas casi rectas, algo arqueadas hacia adelante, siendo muy fuertes, no debilitadas en el centro, hinchadas y mucho más anchas que los intervalos que existen entre ellas.

Localidad en México: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas: Loma Verde; localidad 3.

Douvilléiceras sp. ind.

Lám. V, fig. 1-3

Desgraciadamente sólo poseo un ejemplar fragmentario de un Douvilléiceras que se asemeja a la especie antes descrita. La concha es muy abultada, compuesta de vueltas abrazantes. La sección transversal es mucho más ancha que alta, arredondada, con mayor espesor en la mitad de los flancos. Flancos convexos pasando insensiblemente en una pared umbilical muy alta y casi perpendicular.

Parte externa, ancha, algo aplanada.

La parte posterior de nuestro fragmento muestra dos clases de costillas. Las unas, principales, llevan dos tubérculos: unos internos, situados en el borde del ombligo, muy débiles y apenas perceptibles; otros laterales, en la mitad de los flancos, bastante prominentes. Las otras costillas carecen de tubérculos, son más débiles y finas que las costilllas principales y se intercalan entre ellas en número de dos.

La parte anterior del fragmento está adornada de costillas simples, apretadas, gruesas e iguales entre sí. Son muy hinchadas, más anchas que los intervalos y carecen por completo de tubérculos. Pasan en línea recta

y radial por los flancos y son ligeramente arqueadas hacia adelante sobre la parte externa, en donde no son atenuadas, sino al contrario muy abultadas.

Localidad en México: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas: Al Norte del Cañón del Borrego; localidad 8.

2. *GRUPO DEL DOUVILLEICERAS CORNUELI ET MARTINII*

Subgrupo del Douvilléiceras Martinii

a). Fósiles de las capas con Douvilléiceras (Aptiano superior)

Douvilléiceras aff. Martinii d'Orb. sp., var. orientalis Jacob

Lám. V, fig, 4-7

1841. Ammonites Martinii d'Orbigny Pal. fr., terr. crét., I., p. 194, pl. 58, fig. 7-8.

1905. Ammonites Martinii d'Orbigny, var. orientalis Jacob: Clansayes, l. c., p. 412.

Sólo poseo un pequeño fragmento de esta forma. La única vuelta conservada parcialmente es inflada. La sección transversal no es netamente arredondada, sino algo hexagonal, por ser la parte externa más bien aplanada y por ser muy prominentes los tubérculos laterales.

La sección es más ancha que alta, encontrándose el mayor espesor más o menos en la mitad de los flancos. Los flancos pasan en una pared umbilical algo convexa, alta y abrupta.

Sobre nuestro fragmento alternan costillas principales bien marcadas y costillas intercaladas mucho más finas. Las costillas principales nacen cerca de la comisura, son al principio, más bien finas, engrosándose después hacia la parte externa. Pasan en línea recta y radial por los flancos y son ligeramente arqueadas hacia adelante sobre la parte externa, en donde se hinchan notablemente. Llevan tres tubérculos: un primero, poco marcado y alargado en dirección radial, se observa en el borde del ombligo; un segundo lateral, más bien redondo y muy prominente, se levanta en la mitad de los flancos; por último, en el margen externo existe otro tubérculo o más bien hinchamiento alargado en dirección radial y poco prominente. Las costillas parecen ser algo atenuadas en el centro de la parte externa entre los hinchamientos marginales.

Las costillas intercaladas nacen cerca del borde umbilical o un poco más arriba en los intervalos entre las costillas principales; son al principio extremadamente finas, pero llegan a ser bastante prominentes sobre la parte externa y la mitad exterior de los flancos. Sobre la parte externa son netamente arqueadas hacia adelante y bien marcadas, pero siempre mucho más finas que las costillas principales. Las costillas intercaladas no llevan tubérculos.

La costilla principal anterior de nuestro fragmento parece bifurcarse a partir del tubérculo lateral en dos ramas secundarias, de las cuales la anterior es más fina y se parece a una costilla intercalada, mientras que la posterior asume los caracteres de una costilla principal.

Nuestra forma se parece mucho al *Douvilléiceras Martinii, var. orientalis Jacob* (Pal. fr., l. c., pl. 58, fig. 7-8, p. 194). Parece distinguirse, sin

embargo, por la situación más alta de los tubérculos laterales, por la inflexión bastante marcada de las costillas hacia adelante sobre la parte externa y por la sección transversal algo distinta. Además, los tubérculos umbilicales parecen ser algo más prominentes en la forma mexicana y las costillas intercaladas más largas.

En cambio, nuestra forma se aleja del Douvilléiceras Martinii, var. orientalis del "Luitere Zug," figurado por *Jacob* (Gault de la Vallée de l'Engelberger Aa, l. c., p. 13, pl. I, fig. 1-3). La forma suíza parece distinguirse del tipo de *d'Orbigny* por su concha mucho más abultada. De todos modos difiere de nuestro fragmento por la situación más baja de los tubérculos laterales, por la no inflexión de las costillas en la parte externa, y por sus costillas intercaladas más cortas que no alcanzan la región umbilical.

Yacimiento de las formas vecinas: Douvilléiceras Martinii, var. orientalis en el Aptiano inferior y sobre todo en el Aptiano superior de Europa.

Localidad en México: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas. Al Sur del Cañón del Borrego; localidad 7.

Douvilléiceras nazasense n. sp.

Lám. V, fig. 12-14

Dimensiones:	Diámetro:	35 mm.	
	Altura de la vuelta:	13 mm.	= 0.37
	Espesor de la vuelta:	18 mm.	= 0.51
	Diámetro del ombligo:	14 mm.	= 0.40

Un ejemplar bien conservado tiene una concha bastante inflada. Las vueltas se acrecientan más bien lentamente y se abrazan considerablemente. El ombligo es más bien estrecho, pero profundo.

Los flancos, ligeramente convexos, pasan insensiblemente en una pared umbilical muy alta y abrupta, casi vertical. Parte externa ancha, poco arredondada, más bien aplanada. Sección transversal de la vuelta deprimida, más ancha que alta, con mayor espesor hacia la mitad de los flancos.

La ornamentación es solamente visible sobre la última vuelta. Allí se observan dos clases de costillas. Costillas principales robustas se siguen en intervalos desiguales, por lo general bastante considerables; nacen en el borde del ombligo, en donde son ligeramente hinchadas sin formar tubérculos bien marcados; pero antes de llegar a la mitad de los flancos forman tubérculos laterales bastante prominentes. Las costillas son muy prominentes entre los tubérculos umbilicales y laterales, pero a partir de estos últimos disminuye su relieve. Hacia el margen externo se hinchan de nuevo para formar tubérculos marginales alargados en dirección radial. Los tubérculos marginales son muy bien marcados atenuándose las costillas entre ellos, sobre el centro de la parte externa.

Entre las costillas principales se observan por lo general una o dos costillas intercaladas mucho más finas. Parte de ellas nace en el borde umbilical, otras aparecen más allá de la mitad de los flancos. Cuando hay dos costillas intercaladas entre las costillas principales, se observa siempre

que la posterior es más larga y nace en el borde del ombligo, mientras que la anterior es mucho más corta, naciendo en el tercio superior de los flancos, más o menos. Las costillas intercaladas no llevan tubérculos; alcanzan el mayor relieve sobre la parte externa como las costillas principales. Las costillas se inflexionan ligeramente hacia adelante al pasar sobre la parte externa.

Hacia la parte anterior de la última vuelta de nuestro ejemplar las costillas son más apretadas y muestran la tendencia de igualarse.

Nuestra forma se parece a la *variedad caucasica Anthula del Douvilléiceras Martinii* (véase Anthula: Kaukasus, l. c., p. 122, pl. XIV, fig. 1-3). Como la forma del Cáucaso es caracterizada por la falta de bifurcaciones de las costillas, por la situación baja de los tubérculos laterales, por la flexuosidad ligera de las costillas y por la disposición de las costillas intercaladas. En ambas formas, además, existe la tendencia de atenuar los tubérculos con la edad y de disminuir la diferencia entre costillas principales e intercaladas.

Sin embargo, la especie mexicana se distingue de la forma caucásica por varios caracteres, sobre todo, por la concha menos gruesa, por el ombligo más estrecho y por la inflexión mayor de las costillas hacia adelante sobre la parte externa.

Yacimiento de la forma vecina: Douvilléiceras Martinii, var. caucasica Anthula en el Aptiano del Cáucaso (nivel exacto desconocido).

Localidad en México: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas. Loma Verde; localidad 3.

Douvilléiceras Wilfridi n. sp.

Lám. V, fig. 8, 18-21

Dimensiones:	Diámetro:	34	mm.	
	Altura de la vuelta:	14	mm.	= 0.41
	Espesor de la vuelta:	15.5	mm.	= 0.45
	Diámetro del ombligo:	13	mm.	= 0.38

La concha de esta especie es poco inflada para un Douvilléiceras. Es la más aplanada de todas las formas del río Nazas que atribuyo al género.

Las vueltas son abrazantes y se acrecientan bastante rápidamente.

El ombligo es más bien abierto y no muy profundo. Los flancos son algo convexos y pasan insensiblemente en una pared umbilical alta y abrupta, casi perpendicular. La parte externa es angosta para un Douvilléiceras y algo aplanada. Sección transversal de la vuelta arredondada, un poco más ancha que alta.

Las vueltas internas faltan, de modo que sólo se pueden estudiar los ornamentos de la parte conservada de la vuelta mayor. Las costillas son apretadas y más bien finas, pero tienen bastante relieve. Sobre la parte posterior de la vuelta mayor se distinguen netamente costillas principales más fuertes y costillas intercaladas más finas. Por lo general, existe no más una costilla intercalada entre las costillas principales. Las costillas prin-

cipales nacen sobre la pared umbilical o en el borde del ombligo, en donde son apenas algo hinchadas; antes de llegar a la mitad de los flancos forman un tubérculo lateral pequeño, pero bien marcado y alto. A veces se bifurcan a partir del tubérculo lateral en dos ramas poco divergentes y muy desiguales por ser el ramo anterior más fuerte que el posterior. Las costillas intercaladas son mucho más finas que las principales y nacen por lo general en los intersticios, a poca distancia del borde umbilical, raras veces hacia la mitad de los flancos. En un lugar hay dos costillas intercaladas entre las principales: la anterior se acerca mucho a la costilla principal vecina en el borde del ombligo, simulando así una bifurcación; la posterior es más corta y aparece hacia el primer tercio de los flancos. Todas las costillas son rectas, oblicuamente dirigidas hacia adelante sobre los flancos y ligeramente arqueadas sobre la parte externa. Las costillas intercaladas pasan casi sin alteración por la parte externa, pero las principales se hinchan en el borde de la parte externa para formar tubérculos externos alargados y bastante prominentes.

Al mismo tiempo se observa una ligera atenuación sifonal de las costillas principales entre los tubérculos externos.

Sobre la parte anterior de la vuelta mayor se opera poco a poco un cambio de ornamentación: los tubérculos laterales y externos desaparecen o se debilitan; la bifurcación de las costillas es más rara y más indecisa, desprendiéndose las dos ramas más abajo que antes, cerca de la región umbilical; por último, las costillas intercaladas faltan o adquieren mayor fuerza, igualándose con las principales, sobre todo, en la parte externa.

Todas las costillas pasan sin alteración notable por la parte externa, siendo algo arqueadas hacia adelante.

Nuestra especie se aproxima por su ornamentación al *Douvilléiceras Martinii d'Orb., var. Gottschei Kilian* (comp. Krenkel: Aptfossilien der Delagoabai, l. c., p. 144, pl. XVII, fig. 4-5, sobre todo, fig. 8-9).

Sin embargo, la forma mexicana se distingue por la sección transversal menos angulosa y menos ancha y por la concha más aplanada. La ornamentación de las dos especies es muy parecida; en la especie africana se observan, sin embargo, tubérculos umbilicales bien desarrollados, mientras que éstos son apenas indicados bajo la forma de hinchamientos muy ligeros en la especie mexicana.

Yacimiento de la forma vecina: Aptiano de la "Delagoabai" (Africa meridional).

Localidad en México: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas. Loma Verde; localidad 3.

Douvilléiceras aff. Stoliczkanum Gabb sp.

Lám. VI, fig. 1-4

1869. Ammonites Stoliczkanus Gabb: Paleontology of California, vol. II, pl. 23, figs. 16, 16a., p. 135.

Dimensiones:	Diámetro:	97 mm.
	Altura de la vuelta:	35 mm. = 0.36
	Espesor de la vuelta:	43 mm. = 0.44
	Diámetro del ombligo:	41 mm. = 0.42

Concha inflada, compuesta de vueltas que se acrecientan más bien lentamente. La concha no es muy involuta, de modo que el ombligo es más bien ancho. Flancos poco convexos, pasando insensiblemente en una pared umbilical alta y abrupta, casi vertical, pero algo convexa. Parte externa ancha, algo aplanada. Sección transversal arredondada o más bien ligeramente hexagonal, más ancha que alta.

La ornamentación se observa únicamente sobre el fragmento de la vuelta mayor, siendo las vueltas internas cubiertas por la roca. Sobre la parte posterior de la vuelta podemos observar una alternación regular de costillas principales e intercaladas, bastante apretadas. Tanto las unas como las otras nacen en el borde del ombligo, son oblicuamente dirigidas hacia adelante sobre los flancos, para pasar en línea casi recta por la parte externa. Las costillas principales son mucho más robustas que las intercaladas y llevan dos tubérculos. Un primer tubérculo alargado y muy poco marcado se levanta sobre ellas en el borde umbilical, mientras que un segundo tubérculo, más fuerte y bien marcado, existe en la mitad de los flancos.

Las costillas intercaladas (una entre dos principales) son más finas que las principales y desprovistas de tubérculos. Siendo la parte externa mal conservada, no se puede ver con seguridad si existen tubérculos o hinchamientos marginales sobre las costillas principales.

Sobre la parte anterior de la vuelta mayor las costillas muestran la tendencia de igualarse adquiriendo las intercaladas un relieve casi tan considerable como las principales. Al mismo tiempo desaparecen los tubérculos umbilicales y laterales. La mayor parte de las costillas nacen sobre la parte superior de la pared umbilical, siendo allí algo inflexionadas hacia atrás. Sólo algunas pocas costillas aparecen más arriba, más allá del borde umbilical. Las costillas son fuertes, prominentes y se engruesan notablemente hacia la parte externa, en donde son muy abultadas e hinchadas. Pasan por la parte externa en línea recta, siendo al parecer algo hinchadas al pasar por el margen externo, pero sin formar hinchamientos o tubérculos marginales bien pronunciados. Aunque todas las costillas son parecidas, se nota sin embargo, todavía una ligera diferencia entre ellas por ser algunas más gruesas y altas que otras, sobre todo al pasar por la parte externa.

Nuestra forma se parece mucho al *Douvilléiceras Stoliczkanum Gabb sp.* (l. c., pl. 23, figs. 16, 16a, p. 135). Difiere por algunos caracteres; sobre todo, por un ombligo más ancho, por vueltas que se acrecientan más lentamente, por tubérculos laterales menos fuertes y por el desarrollo menor de hinchamientos o tubérculos marginales.

Yacimiento de la forma vecina: Douvilléiceras Stoliczkanum Gabb, proviene de los "Shasta beds," de California (Cottonwood Creek, Shasta County),

Localidad en México: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas. Loma Verde; localidad 3.

Douvilléiceras paucinodum n. sp.

Lám. V, fig. 9-11

Dimensiones:	Diámetro:	45 mm.	
	Altura de la vuelta:	17 mm.	= 0.37
	Espesor de la Vuelta:	24 mm.	= 0.53
	Diámetro del ombligo:	17 mm.	= 0.37

Concha abultada, compuesta de vueltas que se acrecientan más bien lentamente y se abrazan considerablemente. El ombligo es bastante ancho y profundo. Flancos convexos, pasando en una pared umbilical alta y abrupta. Parte externa ancha, ligeramente aplanada. Sección transversal arredondada, más ancha que alta, y con mayor espesor hacia la mitad de los flancos.

Costillas apretadas, más bien finas, cubren los flancos. Nacen en la pared umbilical y la mayor parte de ellas se levanta algo al pasar por el borde del ombligo, lo que da origen a tubérculos umbilicales muy finos y apenas perceptibles. Las costillas pasan por los flancos, siendo algo inflexionadas hacia adelante, se siguen en intervalos algo desiguales y algunas pocas son más fuertes que las otras, sobre todo en la mitad interna de los flancos. Estas costillas más fuertes, de las cuales puedo distinguir dos, separadas por cuatro costillas intercaladas más finas, llevan un tubérculo lateral en la mitad de los flancos. Además, sobre ellas son algo más marcados los tubérculos umbilicales. En un lugar (costillas 2 y 3 de nuestro fragmento) se observa que dos costillas se reúnen en el tubérculo umbilical, siendo éste aquí más desarrollado que de costumbre.

Las costillas se inflexionan netamente hacia adelante al acercarse a la parte externa. Pasan por la parte externa sin alteración en líneas algo arqueadas, siendo más fuertes y gruesas que sobre los flancos. No se observan hinchamientos marginales de las costillas.

Esta especie parece ser muy vecina de la forma descrita por *Sinzow* bajo los nombres *Ammonites Cornuelianus* (Saratow, Materialien zur Geologie Russland's, l. c., t. V, fig. 1) y *Douvilléiceras Meyendorffi* (Douvilléiceras-arten, l. c., p. 161, pl. I, fig. 8-9). Quizá nuestra especie sea idéntica con la forma rusa; pero de todos modos esta última debe llevar un nombre específico nuevo por ser netamente distinta, tanto del *D. Cornueli d'Orb.* como del *D. Meyendorffi d'Orb.* La especie mexicana difiere apenas de la rusa, que es por lo demás mal conocida. En efecto, *Sinzow* no publicó una figura de la sección transversal de su especie.

A pesar de esto, creo poder ver ciertas pequeñas diferencias entre nuestra forma y la de Rusia. Las costillas parecen inflexionarse más hacia adelante en la especie mexicana, y en ella todas las costillas alcanzan el borde del ombligo, lo que no parece ser siempre el caso en la forma rusa.

Mencionaré además la semejanza sorprendente del Douvilléiceras paucinodum con *Aspidoceras Percevali Uhlig* (Wernsdorferschichten, l. c., pl. XXVI, fig. 2, sobre todo fig. 3). Como se sabe, la especie de Wernsdorf es considerada como tipo del género Paraspiticeras por *Kilian* (Kilian, Compte-

rendu sommaire des Séances de la Soc. géol. de France, 1910. Número 2, p. 11).

Yacimiento de la forma vecina: Douvilléiceras Cornueli Sinzow non. d'Orb. en el Aptiano superior de Saratow (junto con Hoplites cfr. furcatus).

Localidad en México: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas. Al Este del rancho "El Mulato;" localidad 5.

Douvilléiceras sub-Buxtorfi n. sp.

Lám. V, fig. 15-17

Sólo poseo un fragmento de vuelta de esta especie. Es una forma más bien evoluta, con ombligo bastante ancho. Flancos y parte externa algo aplanados; los primeros descienden rápidamente en una pared umbilical alta, casi vertical. La sección transversal de la vuelta es casi cuadrada, un poco más ancha que alta.

Costillas simples, más bien distanciadas, angostas, pero prominentes y bastante agudas, nacen en el borde del ombligo para pasar en dirección radial por los flancos hasta el tercio superior, en donde se inflexionan algo hacia adelante. Pasan por la parte externa, siendo ligeramente arqueadas hacia adelante.

El relieve de las costillas es algo variable; sobre todo, una costilla intercalada, que nace en el primer tercio de los flancos, es mucho más débil y fina que las demás. Las costillas son desprovistas de tubérculos y separadas por anchos intervalos algo excavados. Son bastante finas en la región umbilical, pero se engruesan y se ensanchan sobre la parte externa. Las costillas parecen formar muy ligeros hinchamientos marginales al pasar por los márgenes externos de la vuelta.

Esta especie es muy vecina del *Douvilléiceras Buxtorfi Jacob* (Gault de la Vallée de l'Engelberger Aa, l. c., p. 15, pl. I, fig. 11, sobre todo fig. 9).

Se distingue de ella por su espesor menos considerable, por el número más reducido de costillas intercaladas (sólo una sobre nuestro fragmento) y por la inflexión más marcada de las costillas hacia adelante sobre la parte externa.

Yacimiento de la especie vecina: D. Buxtorfi Jacob en la zona superior del Aptiano superior (Capas con Douvilléiceras subnodosocostatum) de los Alpes suizos.

Localidad en México: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas. Loma Verde; localidad 3.

Douvilléiceras cfr. Buxtorfi Jacob

Lám. VII, fig. 22-23

1906. Douvilléiceras Buxtorfi Jacob: Gault de la Vallée de l'Engelberger Aa, l. c., p. 15, pro parte, pl. I, fig. 10a-b; non fig. 9 et 11.

Desgraciadamente sólo poseo un ejemplar bastante mal conservado de esta forma.

La menciono a pesar de eso, porque parece presentar la más grande semejanza con uno de los originales del *D. Buxtorfi Jacob* (l. c., pl. I, fig. 10a-b). Como la forma citada, nuestro ejemplar ostenta costillas simples, desprovistas de tubérculos, muy prominentes y separadas por anchos intervalos netamente excavados. Las costillas son muy salientes y fuertes, sobre todo en la parte externa.

Nuestra forma parece tener también algún parecido con *Douvilléiceras volgense Vasilievskij* (l. c., pl. I, fig. 5, non al).

Yacimiento de la forma vecina: Véase descripción anterior del Douvilléiceras sub-Buxtorfi.

Localidad en México: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas. Loma Verde; localidad 3.

Douvilléiceras sp. ind.

Lám. VI, fig. 6-8

Dimensiones:	Diámetro:	49 mm.
	Altura de la vuelta:	19 mm. = 0.38
	Espesor de la vuelta:	24 mm. = 0.48
	Diámetro del ombligo:	22 mm. = 0.44

Un ejemplar fragmentario, no muy bien conservado, tiene una concha inflada, compuesta de vueltas de crecimiento no muy rápido. Los flancos son poco convexos y bajan bruscamente al ombligo por medio de una pared umbilical muy alta y abrupta. Parte externa aplanada. La sección transversal es deprimida, más ancha que alta, con el mayor espesor en la mitad de los flancos. Ombligo profundo, bastante grande.

La ornamentación sólo se observa sobre el fragmento de la vuelta mayor, siendo las vueltas internas cubiertas por la roca o destruídas.

Costillas principales, bastante distantes, nacen en el borde del ombligo y pasan en líneas casi rectas por los flancos y la parte externa. Son muy desiguales en fuerza y se siguen en intervalos desiguales. Por lo general, son prominentes y bastante gruesas, engrosándose hacia la parte externa, en donde adquieren la mayor fuerza. Algunas costillas principales son, como ya lo dijimos, mucho más finas y menos salientes que las demás. A veces se observa una costilla intercalada finísima y apenas marcada entre dos costillas principales. Nacen dichas costillas intercaladas en la mitad de los flancos o más arriba, son apenas marcadas sobre los flancos y adquieren un poco más relieve sobre la parte externa.

Todas las costillas parecen desprovistas de tubérculos bien marcados; una que otra de las principales se hinchan ligeramente en la mitad de los flancos o en los márgenes externos.

Nuestra forma tiene algún parecido con *Douvilléiceras subnodosocostatum Sinzow* (Sinzow, Douvilléiceras-arten, l. c., p. 175, pl. II, fig: 2 et 3; Jacob, Engelberger Aa. l. c., pl. I, fig. 4a-b, p. 14). Parece distinguirse, sin embargo, por la falta casi completa de tubérculos.

Localidad en México: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas. Loma Verde; localidad 3.

Douvilléiceras juv. cfr. clansayense Jacob

Lám. VI, fig. 5

1905. Douvilléiceras clansayense Jacob: Gisement de Clansayes, l. c., p. 413, pl. XIII, fig. 4.

1906. Douvilléiceras clansayense Jacob: Gault de la Vallée de l'Engelberger Aa, l. c., pl. I, fig. 8a-b.

Es una lástima que sólo poseo un ejemplar fragmentario muy chico de esta forma interesante.

Concha muy abultada. Vueltas de crecimiento más bien lento. Flancos muy convexos; parte externa ancha, aplanada. La forma de la sección transversal no puede apreciarse bien por ser la concha algo deformada; de todos modos es mucho más ancha que alta.

Las costillas son muy diferenciadas, siendo las principales distantes, fuertes y bien marcadas y las intercaladas reducidas a estrías radiales, apenas perceptibles. Las costillas principales nacen en el borde umbilical, pasan por los flancos en líneas rectas, oblicuamente inclinadas hacia adelante y son ligeramente arqueadas hacia adelante sobre la parte externa. Sobre las costillas principales se observa un tubérculo lateral redondo hacia la mitad de los flancos y un tubérculo marginal, alargado en sentido radial, en el margen externo. Las costillas principales parecen ser algo atenuadas entre los tubérculos marginales, en el centro de la parte externa.

Nuestro ejemplar se parece mucho a la forma del *Douvilléiceras clansayense* figurada por Jacob en la memoria sobre el Gault de la Engelberger Aa, l. c., I, fig. 8a-b. Difiere, sin embargo, de ella, por carecer de tubérculos umbilicales; carácter por el cual se aproxima al tipo de la especie (Jacob: Clansayes, l. c., p. 413).

Tiene también algún parecido con una de las formas descritas por *Sinzow* bajo el nombre *Douvilléiceras subnodosocostatum, var. pusilla* (Sinzow, Douvilléiceras-arten, l. c., p. 181, pl. XI, fig. 10a-b, *non* 9).

Yacimiento de las formas vecinas: Douvilléiceras clansayense Jacob en el Aptiano superior (zona del Douvilléiceras subnodosocostatum) y en el Piso de Clansayes de los Alpes.

Localidad en México: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas. Loma Verde; localidad 3.

6). Fósil de las Capas limítrofes entre el Aptiano y el Gault (Piso de Clansayes)

Douvilléiceras cfr. clansayense Jacob

1905. Douvilléiceras clansayense Jacob: Clansayes, l. c., p. 413, pl. XIII, fig. 4a-c.

El estado de conservación de nuestra forma no es bastante satisfactorio para permitir una determinación segura. No parece distinguirse del tipo del Douvilléiceras clansayense (l. c., pl. XIII, fig. 4).

Concha inflada, involuta, con un ombligo bastante estrecho. Los flancos

parecen ser convexos y las paredes del ombligo abruptas. Parte externa, ancha, aplanada o ligeramente convexa. Sección transversal deprimida, mucho más ancha que alta.

Hacia el margen externo de los flancos se observan unos tubérculos distantes que llevan casi todos sus espinas respectivas, muy altas y aplanadas en dirección de la espira. Sobre la parte externa, en el tramo entre los tubérculos laterales de ambos lados de la concha, se distinguen costillas principales, distantes y bien marcadas. Estas costillas forman pares de tubérculos externos bastante prominentes y alargados, en dirección radial, siendo algo atenuadas en el centro de la parte externa entre dichos pares de tubérculos. Las costillas principales reúnen los tubérculos externos entre sí y con los tubérculos laterales, pero no se ve bien si continúan sobre los flancos hacia la región umbilical o no, por ser la parte interna de los flancos mal conservada en nuestro ejemplar. En los intervalos entre las costillas principales de la parte externa se observan dos costillas intercaladas muy poco marcadas y por lo general apenas perceptibles. Sólo existe una costilla intercalada, que adquiere más fuerza y forma un tubérculo externo bastante débil.

Yacimiento de la forma vecina: El tipo del Douvilléiceras clansayense caracteriza al Piso de Clansayes del Sureste de Francia.

Localidad en México: Capas limítrofes entre el Aptiano y el Gault (Piso de Clansayes) del río Nazas. Cerca del rancho Colorines; localidad 1.

3. *GRUPO DEL DOUVILLEICERAS BIGOURETI (ACANTHOHOPLITES SINZOW)*

Fósiles de las capas limítrofes entre el Aptiano y el Gault (Piso de Clansayes)

Douvilléiceras juv. varias formas indeterminadas

Lám. VII, fig. 1-18

1. El mejor ejemplar, muy bien conservado (lám. VII, fig. 1-6), es tan chico que no fué posible determinarlo definitivamente. Concha no muy abultada, bastante evoluta, compuesta de vueltas que se acrecientan más bien lentamente y se abrazan más o menos hasta la mitad. Flancos y parte externa convexos; pared umbilical baja.

Sobre la vuelta mayor se perciben nueve costillas principales salientes que nacen en la comisura y forman un tubérculo lateral muy bien marcado y alto hacia el borde externo de los flancos. A partir de este tubérculo se dividen las costillas principales en dos o tres ramos secundarios que pasan sin alteración por la parte externa, en donde son ligeramente arqueadas hacia adelante. El anterior de estos ramos secundarios es siempre más grueso que los demás, siendo precedido por una ligera construcción. Entre las costillas principales, que son bastante distantes, se observan una a tres costillas intercaladas más finas. Por lo general nacen en la comisura, pero, cuando existen tres costillas intercaladas, las dos posteriores nacen en la comisura,

mientras que la anterior no parece sino hacia el tercio o la mitad de los flancos, arrimándose a veces con su punta a la costilla principal precedente. Las costillas intercaladas pasan sin alteración por la parte externa, siendo algo arqueadas hacia adelante, como las costillas principales.

Nuestra forma se aproxima a las siguientes especies ya descritas: *Douvilléiceras Bigoureti Seunes en Jacob* (Clansayes l. c., pl. XIII, fig. 6a-b, p. 415), *Douvilléiceras Bigoureti Seunes en Pervinquière* (Céphalopodes de Tunisie, l. c., pl. VII, figs. 37a-b, 38a-b, p. 195), *Douvilléiceras Abichi Anthula* (Kaukasus, l. c., pl. IX, fig. 2a-c, p. 118), *Douvilléiceras Bigoureti Seunes en Sinzow* (Mangischlak und Kaukasus, l. c., pl. VI, fig. 6, p. 488), *Douvilléiceras subpeltoceroides Sinzow* (ibid., l. c., pl. V, figs. 16, 16a, p. 484). y *Douvilléiceras sp. ind. nob.*, descrito sub Parahoplites en Boletín 23, pl. XLIII, fig. 1, p. 192).

Otro ejemplar más grande, pero bastante fragmentario, muestra los mismos caracteres como el ya descrito. (Véase lám. VII, fig. 7-12.)

Yacimiento de las formas vecinas: Douvilléiceras Bigoureti y especies vecinas caracterizan el Piso de Clansayes de la región mediterránea.

Localidad en México: Cerca del rancho Colorines; localidad 1. Capas limítrofes entre el Aptiano y el Gault (Piso de Clansayes) del río Nazas.

2. Mencionaré en esta ocasión un ejemplar pequeño que se parece mucho a las formas arriba descritas y que proviene de San Gaspar Zumpahuacan (Estado de México), en donde ha sido encontrado en compañía de *Uhligella mexicana n. sp.* (Véase lám. VII, fig. 13-18.)

AMMONITOCERAS E. DUMAS (KILIAN)

(*W. Kilian:* Sur le genre Ammonitoceras. Compte-Rendu des Séances de la Soc. Géol. de France, 19 Déc. 1910, No. 19, p. 192.)

Kilian propuso en la nota arriba citada, de incorporar dos grupos de Amonitas desenrolladas (grupo del Ammonitoceras Ucetiae y grupo del Astiericeras astierianum) al género "Ammonitoceras E. Dumas." Ambos grupos parecen derivar del género Douvilléiceras, según *Kilian* y *Jacob*.

En el Aptiano superior de la región del río Nazas encontré dos formas desenrolladas, que parecen pertenecer a un tercer grupo del género Ammonitoceras, derivando seguramente también del género Douvilléiceras por su gran semejanza con varias especies, sobre todo, con Douvilléiceras Bergeroni Seunes. La línea sutural, visible en una de nuestras formas, indica también relaciones de parentesco con los Douvilléiceras.

El grupo mexicano, que llamaré "grupo del Ammonitoceras cornutum," difiere de los demás grupos del género; sin embargo, creo poderlo colocar, por lo menos provisionalmente, en el género Ammonitoceras que abarcará de este modo a todas las formas desenrolladas, emparentadas con los Douvilléiceras.

Podemos, pues, distinguir los tres grupos siguientes: (1)

---

(1) Si Crioceras Ridzewskyi (Karakasch) Sinzow forma realmente parte del género Ammonitoceras, como supone Kilian (Palaeocretacicum, l. c., 2. p. 274), deberá pertenecer a un cuarto grupo del género.

I. *Grupo del Ammonitoceras Ucetiae E. Dumas (Ammonitoceras s. str.).*
Ammonitoceras Ucetiae E. Dumas.
Ammonitoceras Ackermanni Kilian.
Ammonitoceras transcaspicum Sinzow sp.
Ammonitoceras tovilense Crick.

II. *Grupo del Ammonitoceras astierianum d'Orb. (Astiericeras Parona et Bonarelli).*
Ammonitoceras (Astiericeras) astierianum d'Orb. sp.

III. *Grupo del Ammonitoceras cornutum nob.*
Ammonitoceras cornutum n. sp.
Ammonitoceras fissicostatum n. sp.

Ammonitoceras cornutum n. sp.

Lám. VIII, fig. 1-4. Lám. IX, fig. 1

Un fragmento de una gran especie desenrollada, muestra flancos no muy convexos, que pasan en una pared interna abrupta, casi perpendicular. Parte externa poco convexa. La sección transversal cambia con la edad: es arredondada, deprimida, tan ancha como alta en la parte posterior del fragmento; ovalada, más alta que ancha en la parte anterior. Con la sección cambia también la parte externa que es muy ancha en la parte posterior, pero más bien angosta y algo adelgazada en la parte anterior.

Al cambio en la forma de la vuelta corresponde un cambio en la ornamentación. La parte posterior está adornada de dos clases de costillas. Las unas, principales, son gruesas, hinchadas, nacen en el borde umbilical y forman en la mitad de los flancos un tubérculo lateral muy fuerte y grueso, bifurcándose después, a partir del tubérculo, en dos ramos secundarios que pasan sin alteración por la parte externa.

Entre las costillas principales se observan cuatro costillas intermedias más finas. Tres de ellas nacen en el borde del ombligo, mientras que la posterior parece nacer hacia la mitad de los flancos, en donde se aproxima a la costilla principal siguiente. Las costillas intermedias no llevan tubérculos y pasan engrosándose en línea recta por la parte externa, en donde adquieren la misma fuerza que los ramos de las costillas principales. Las costillas intermedias son ligeramente arqueadas hacia atrás, sobre los flancos.

La parte anterior del fragmento está adornada de costillas bien marcadas y menos diferenciadas. En esta parte las costillas principales se distinguen todavía por tener más relieve y por ser más hinchadas que las costillas intermedias. Pero la diferencia es menos marcada, y las costillas principales ya no forman tubérculos. Las costillas principales son menos distanciadas que antes, nacen sobre la parte superior de la pared interna, se engruesan hacia la parte externa, en donde son muy gruesas y prominentes, y por la cual pasan en líneas rectas sin alteración, siendo quizás a veces algo más hinchadas al pasar por el borde externo. Entre las costillas principales se observan una o dos costillas intermedias, más finas y más oblicuas. Son más cortas que las costillas principales, atenuándose notablemente hacia la región umbilical para desaparecer o juntarse más o menos completamente con una costilla principal. Cuando hay dos costillas intermedias, la poste-

rior es más corta que la anterior y se junta con la costilla principal siguiente no muy lejos del borde umbilical, mientras que la anterior continúa muy debilitada hasta la parte interna. La descripción precedente se refiere a la ornamentación que se observa de un lado de la parte anterior de nuestro fragmento. Del otro lado la ornamentación es algo distinta. Allí la diferencia entre costillas principales e intermedias es menos notable, siendo sobre el último tramo del fragmento todas las costillas casi iguales entre sí.

La sutura puede estudiarse en sus grandes rasgos desde la silla externa hasta el primer lóbulo auxiliar. Primer lóbulo lateral profundo, infundibuliforme, no muy visible en todas sus partes, de modo que nuestra figura puede ser errónea en ciertos detalles. Segundo lóbulo lateral mucho más corto que el primero, bastante asimétrico, siendo su ramo lateral principal interno más desarrollado que el externo y desprendiéndose dicho ramo en un punto más alto del tronco que éste. De la silla externa solamente se puede decir que es muy alta, mucho más alta que las sillas laterales. Primera silla lateral muy baja y bastante angosta. Segunda silla lateral más alta que la primera, profundamente bipartita por un lóbulo secundario tridentado y bien desarrollado. Esta línea sutural se parece en sus grandes rasgos a las suturas del *Douvilléiceras Martinii d'Orb.* (d'Orbigny, l. c., Pal. fr., terr. crét, I, pl. 58, fig. 10; Neumayr et Uhlig, Hilsbildungen, l. c., pl. 35, fig. 5) y del *Douvilléiceras pachystephanum Uhlig* (Uhlig, Wernsdorferschichten, l. c., p. 131, pl. 24, fig. 2).

Nuestra forma se parece por su ornamentación al *Douvilléiceras Bergeroni Seunes* (Ammonites du Gault, l. c., p. 565, pl. XIV, fig. 1-2).

Difiere, además de ser una forma desenrollada, por la falta de tubérculos umbilicales y por sus costillas menos inflexionadas, más salientes y separadas por intervalos más anchos.

Localidad en México: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas. Al Sur del Cañón del Borrego; localidad 7.

Ammonitoceras fissicostatum n. sp.

Lám. VII, fig. 27-29

Un fragmento de una forma desenrollada, tiene flancos bastante convexos que pasan bruscamente en una pared interna perpendicular. Parte externa no muy ancha, arredondada. Sección transversal óvalo-arredondada, más alta que ancha, con mayor espesor en el tercio inferior, algo adelgazada hacia la parte externa.

La parte posterior del fragmento está adornada de costillas rectas. Las unas, principales, nacen en el borde del ombligo, son salientes y se engruesan hacia la parte externa por la cual pasan en línea recta.

Entre las costillas principales existen una o dos costillas intermedias, mucho más finas, que nacen no muy lejos del borde del ombligo y se engruesan por lo general muy poco hacia la parte externa, por la cual pasan como las principales. Las costillas principales se hinchan ligeramente en el borde del ombligo y en la mitad de los flancos; sin embargo, no forman tubérculos bien marcados, sino solamente hinchamientos . Al pasar por el borde externo

de los flancos, tanto las costillas principales como algunas de las intermedias se engruesan netamente, formando así unos hinchamientos marginales.

Más tarde, hacia la parte anterior del fragmento, se opera un cambio en la ornamentación. Las costillas se inflexionan algo sobre los flancos y la diferencia entre costillas principales e intermedias es menos marcada.

Aquí las costillas principales nacen sobre la pared interna, siendo oblicuamente dirigidas hacia atrás, sobre la parte superior de ésta. En el borde umbilical o, mejor dicho, en el borde entre la pared interna y los flancos, las costillas forman tubérculos bastante bien marcados, quedando simples o bien bifurcándose en dos ramos poco divergentes a partir de los tubérculos. A veces no se observa una bifurcación neta, y entonces una costilla intermedia se aproxima mucho a una costilla principal en la región umbilical. A veces también se observa una costilla intercalada que nace en el intervalo, entre las costillas principales hacia el tercio interior de los flancos. Todas las costillas son fuertes, salientes, equidistantes y casi iguales en la parte externa, por la cual pasan sin alteración en líneas más o menos rectas.

La ornamentación de la *parte anterior* de nuestro fragmento recuerda como la de la especie anterior al *Douvilléiceras Bergeroni Seunes* (Ammonites du Gault, l. c., pl. XIV, fig. 2a sobre todo). Difiere sin embargo, por su concha desenrollada, por sus costillas menos inflexionadas y por sus tubérculos internos más marcados. *Seunes,* además, no menciona una bifurcación de las costillas; pero sobre la figura de este autor creo poder ver que algnas costillas se bifurcan a partir de ligeros tubérculos umbilicales (véase la figura 2a., p. XIV, en la obra citada).

La ornamentación de la *parte posterior* de nuestro fragmento se parece más bien a la del *Douvilléiceras Bigoureti Seunes* (Ammonites du Gault, l. c., pl. XIV, fig. 4a-b, p. 566).

En las dos especies observamos costillas principales simples, hinchadas, ligeramente tuberculadas, que alternan con costillas intermedias más finas. Sin embargo, la forma mexicana difiere por los tubérculos laterales menos marcados (que son más bien simples hinchamientos), por los hinchamientos marginales más fuertes y por la falta de bifurcación de las costillas principales.

Localidad en México: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas. Al Norte del Cañón del Borrego; localidad 8.

CRIOCERAS LEVEILLE

Crioceras trispinosoides n. sp.

Lám. VII, fig. 24-26

Concha crioceroïde con vueltas que se acrecientan lentamente. Flancos y parte externa aplanados. Pared del ombligo abrupta, no muy alta. Sección transversal casi rectangular, un poco más alta que ancha.

Sobre los flancos se observan costillas bastante espaciadas, ligeramente flexuosas en forma de una "S." Casi todas son iguales en fuerza, con excepción de dos, que son mucho más finas que las demás; éstas no forman tubérculos y nacen un poco más arriba, pudiendo considerarse por lo tanto, como

costillas intercaladas. Las costillas principales se siguen en intervalos algo desiguales y nacen en el borde del ombligo, en donde se hinchan ligeramente sin formar tubérculos bien definidos. Pasan por los flancos en líneas no completamente rectas, sino algo sinuosas, siendo bastante prominentes y fuertes y formando dos series de tubérculos: una primera, compuesta de tubérculos espinosos, altos y arredondados en el tercio superior de los flancos, y una segunda en el margen externo, compuesta de tubérculos fuertes, muy salientes y algo alargados en dirección espiral. Sobre la parte externa, que es casi enteramente lisa, sólo se observan ligeras indicaciones de las costillas.

Esta especie se aproxima mucho al *Ancyloceras trispinosum von Koenen* (Ammonitiden des norddeutschen Neocom, l. c., p. 366, pl. XXXV, fig. 2-8; comp. sobre todo fig. 5a-b).

Difiere por sus costillas más robustas y menos flexuosas. En nuestra forma, además, las dos series de tubérculos marginales que limitan la parte externa, distan más entre sí que de los tubérculos laterales, lo que no es el caso en la especie alemana.

Yacimiento de la forma vecina: Ancyloceras trispinosum von Koenen se encuentra en las capas superiores del Barremiano de Alemania del Norte.

Localidad en México: Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior) del río Nazas. Loma Verde; localidad 3.

Lám. V. Fig. 9-11, pág. 34							Douvilléiceras Cornueli Sinzow, non d'Orb...	Aptiano superior de Saratow. (Rusia.)
20. *Douvilléiceras sub-Buxtorfi n. sp.* Lám. V. Fig. 15-17, pág. 35	*						Douvilléiceras Buxtorfi Jacob	Aptiano superior del "Luitere Zug." (Alpes Suizos.)
21. *Douvilléiceras cfr. Buxtorfi Jacob* Lám. VII. Fig. 22-23, pág. 35	*							
22. *Douvilléiceras sp. ind.* Lám. VI. Fig. 6-8, pág. 36	*							
23. *Douvilléiceras juv. cfr. clansayense Jacob.* Lám. VI. Fig. 5, pág. 37	*						Douvilléiceras clausayense Jacob.....	Aptiano superior y Piso de Clansayes de los Alpes.
24. *Ammonitoceras cornutum n. sp.* Lám. VIII. Fig. 1-4. Lám. IX, Fig. 1, pág. 40				*				
25. *Ammonitoceras fissicostatum n. sp.* Lám. VII. Fig. 27-29, pág. 41					*			
26. *Crioceras trispinosoides n. sp.* Lám. VII. Fig. 24-26, pág. 42	*						Ancyloceras trispinosum v. Koenen.....	Barremiano más alto de Alemania del Norte.
II. CAPAS LIMITROFES ENTRE EL APTIANO Y EL GAULT (Piso de Clansayes)	RIO NAZAS			San Gaspar Zumpahuacan (Estado de México)				
	Rancho Colorines Loc. 1.		Al Norte del Cañón del Borrego. Loc. 9					
27. *Uhligella mexicana n. sp.* Lám. III. Fig. 1-3, pág. 12				*			Uhligella Walleranti Jacob..... ..... Uhligella Dupiniana d'Orb. sp	Gault inferior del Sureste de Francia.
28. *Parahoplites sp. ind.* Nº 1	*		*					
Lám. IV. Fig. 1-14, pág. 24 Nº 2			*					
29. *Douvilléiceras cfr. clansayense Jacob.* pág. 37	*						Douvilléiceras clansayense Jacob.....	Piso de Clansayes de los Alpes.
30. *Douvilléiceras juv. sp. ind.* Lám. VII. Fig. 1-18, pág. 38	*			*			Douvilléiceras Bigoureti Seunes y especies vecinas	Piso de Clansayes de la región mediterránea.

LISTA DE LOS FOSILES ESTUDIADOS

	LOCALIDADES (RIO NAZAS)					FORMAS VECINAS	YACIMIENTOS DE LAS FORMAS VECINAS Y OTROS YACIMIENTOS DE LA ESPECIE
I. APTIANO SUPERIOR (Capas con Douvilléiceras)	Loma Verde (Oeste) Loc. 3.	Al Este del rancho "El Mulato" Loc. 5.	Al Norte del rancho "El Patrón." Loc. 6.	Al Sur del Cañón del Borrego Loc. 7.	Al Norte del Cañón del Borrego Loc. 8.		
1 *Nautilus neohispanicus n. sp.* Lám. I. Fig. 1–4, pág. 7		*				Nautilus neocomiensis Pict. et C. Nautilus Neckerianus Pict. et Roux Nautilus bifurcatus Ooster	Neocomiano medio y Aptiano inferior de Suiza y Francia. Aptiano superior de la Perte du Rhône. Capas del "Luitere Zug." (Suiza.) Capas de Wernsdorf y Aptiano superior del Sureste de Francia.
2. *Puzosia sp. ind.* Lám. II. Fig. 2–3, pág. 8		*				Desmoceras aff. Dupinianum Liebus (*non* d'Orb.)	Godulasandstein de los Cárpates.
3. *Puzosia aff. Matheroni d'Orb. sp.* Lám. II. Fig. 1, pág. 9		*				Puzosia Matheroni d'Orb. sp.	Aptiano inferior y superior de Francia.
4. *Uhligella Aguilerae n. sp.* Lám. II. Fig. 4–6, pág. 10	*					"Sonneratia" cfr. raresulcata in R. Douvillé.	Aptiano superior de los Prealpes subbéticos.
5. *Uhligella Jacobi n. sp.* Lám. II. Fig. 7–10, pág. 11	*					Uhligella Rebouli (Jacob) Fallot Uhligella Zürcheri Jacob Desmoceras bicurvatoides Sinzow	Gault de las Baleares. Aptiano superior del "Luitere Zug." (Alpes Suizos.) Piso desconocido de Mangyschlak.
6. *Pedioceras durangense n. sp.* Lám. III. Fig. 8–10, pág. 13	*					Pedioceras caquesense Karsten sp. Pedioceras Cundinamarcæ Gerh.	Aptiano de Colombia.
7. *Neocomites nazasensis n. sp.* Lám. III. Fig. 4–7, pág. 14		*				Hoplites cryptoceras Pict. et Lor.	Neocomiano del monte de Voirons.
8. *Dufrenoya aff. Dufrenoyi d'Orb. sp.* Lám. X. Fig. 1–4, 7–9, pág. 18	*	*				Dufrenoya Dufrenoyi d'Orb. sp.	Aptiano superior del Sureste de Francia; raras veces encontrada, también, en el Aptiano inferior.
9. *Dufrenoya texana n. sp.* Lám. IX. Fig. 2–15, pág. 20	*						"Trinity beds," de Texas.
10. *Dufrenoya sp. ind.* pág. 21			*	*			
11. *Parahoplites aff. milletianus d'Orb. sp.* Lám. III. Fig. 14–19 Lám. IV. Fig. 18, pág. 22	*			*		Parahoplites milletianus Pict. et C. (Orb.) Parahoplites milletianus, var. plesiotypica Fritel	Parahoplites milletianus y variaciones en el Aptiano, Gault y capas limítrofes de Europa.
12. *Parahoplites sp. ind.* Lám. III. Fig. 11–13. Lám. IV. Fig. 19–23, pág. 23 — Nº 1	*					Parahoplites crassicostatus d'Orb. sp.	Aptiano superior del Sureste de Francia.
Nº 2	*					Parahoplites Tobleri Jacob	Aptiano superior del "Luitere Zug." (Suiza.)
Nº 3		*				Parahoplites gargasensis d'Orb. sp.	Aptiano superior del Sureste de Francia.
13. *Douvilléiceras æquicostatum n. sp.* Lám. IV. Fig. 15–17, pág. 27	*						
14. *Douvilléiceras sp. ind.* Lám. V. Fig. 1–3, pág. 28					*		
15. *Douvilléiceras aff. Martinii d'Orb. sp., var. orientalis Jacob.* Lám. V. Fig. 4–7, pág. 29				*		Douvilléiceras Martinii d'Orb., var. orientalis Jacob	Aptiano inferior y principalmente superior de Europa.
16. *Douvilléiceras nazasense n. sp.* Lám. V. Fig. 12–14, pág. 30	*					Douvilléiceras Martinii, var. caucasica Anthula.	Aptiano del Cáucaso.
17. *Douvilléiceras Wilfridi n. sp.* Lám. V. Fig. 8, 18–21, pág. 31	*					Douvilléiceras Martinii, var. Gottschei Kilian.	Aptiano de la "Delagoabai." (Africa.)
18. *Douvilléiceras aff. Stoliczkanum Gabb sp.* Lám. VI. Fig. 1–4, pág. 32	*					Douvilléiceras Stoliczkanum Gabb sp.	"Shasta Beds," de California.
19. *Douvilléiceras paucinodum n. sp.* Lám. V. Fig. 9–11, pág. 34		*				Douvilléiceras Cornueli Sinzow, non d'Orb.	Aptiano superior de Saratow. (Rusia.)
20. *Douvilléiceras sub-Buxtorfi n. sp.* Lám. V. Fig. 15–17, pág. 35	*					Douvilléiceras Buxtorfi Jacob	Aptiano superior del "Luitere Zug." (Alpes Suizos.)
21. *Douvilléiceras cfr. Buxtorfi Jacob* Lám. VII. Fig. 22–23, pág. 35	*						
22. *Douvilléiceras sp. ind.* Lám. VI. Fig. 6–8, pág. 36	*						
23. *Douvilléiceras juv. cfr. clansayense Jacob.* Lám. VI. Fig. 5, pág. 37	*					Douvilléiceras clansayense Jacob	Aptiano superior y Piso de Clansayes de los Alpes.
24. *Ammonitoceras cornutum n. sp.* Lám. VIII. Fig. 1–4. Lám. IX, Fig. 1, pág. 40				*			
25. *Ammonitoceras fissicostatum n. sp.* Lám. VII. Fig. 27–29, pág. 41					*		
26. *Crioceras trispinosoides n. sp.* Lám. VII. Fig. 24–26, pág. 42	*					Ancyloceras trispinosum v. Koenen	Barremiano más alto de Alemania del Norte.
II. CAPAS LIMITROFES ENTRE EL APTIANO Y EL GAULT (Piso de Clansayes)	RIO NAZAS: Rancho Colorines Loc. 1.		Al Norte del Cañón del Borrego Loc. 9	San Gaspar Zumpahuacan (Estado de México)			
27. *Uhligella mexicana n. sp.* Lám. III. Fig. 1–3, pág. 12				*		Uhligella Walleranti Jacob Uhligella Dupiniana d'Orb. sp.	Gault inferior del Sureste de Francia.
28. *Parahoplites sp. ind.* Lám. IV. Fig. 1–14, pág. 24 — Nº 1	*		*				
Nº 2			*				
29. *Douvilléiceras cfr. clansayense Jacob.* pág. 37	*					Douvilléiceras clansayense Jacob	Piso de Clansayes de los Alpes.
30. *Douvilléiceras juv. sp. ind.* Lám. VII. Fig. 1–18, pág. 38	*			*		Douvilléiceras Bigoureti Seunes y especies vecinas	Piso de Clansayes de la región mediterránea.

II

PARTE ESTRATIGRAFICA
Y
CONCLUSIONES GENERALES

PARTE ESTRATIGRAFICA

En el trabajo geológico sobre la región del río Nazas (l. c., Parergones, tomo III, núm. 2, 1909, p. 117) ya publiqué un bosquejo de la serie estratigráfica. Aquí me ocuparé con más detalle de la Estratigrafía de la región y discutiré sobre todo la edad de las capas basándome en el estudio detallado de los Cefalópodos que presenté en la parte paleontológica de esta memoria.

La serie sedimentaria de la región pertenece al Cretáceo inferior y medio y se compone, de abajo a arriba, de las divisiones siguientes:

I. Parte superior del Cretáceo inferior y capas limítrofes.	1). Calizas con Requienias. 2). Banco con Caprínidos. 3). Capas con Dufrenoya y Douvilléiceras (Aptiano superior). 4). Capas basales de las calizas mesocretácicas (capas limítrofes entre el Aptiano y el Gault; Piso de Clansayes).
II. Cretáceo medio.	5). Calizas del Cretáceo medio.

Daré a continuación una descripción de estas subdivisiones para entrar después en consideraciones generales acerca de ellas y de las faunas que contienen.

1. *CALIZAS CON REQUIENIAS*

La división más antigua de sedimentos, que aflora en la región, está formada por calizas con Requienias de potencia considerable. Estas calizas forman la parte central de los anticlinales y dominan en el paisaje por sus paredes escarpadas y sus acantilados. Por lo general revelan bien la estructura tectónica, siendo sujetadas a magníficos plegamientos y a fallas considerables (véase Perergones III, 2, 1909, l. c., láminas XXX-XXXIV). La roca principal de la división es una caliza gris color de humo, compacta, en bancos gruesos, que recuerda por sus caracteres y también por su tendencia de formar "Karren" el "Schrattenkalk" del Urgoniano de los Alpes. Dicha caliza no es pobre en restos de fósiles; por lo contrario, en todas partes se ven en su superficie cortes de *Bivalvos* o restos de *Corales*. Pero es muy difícil sacar estos restos, que están por lo general completamente embutidos en la roca. El único lugar en donde pude hallar restos determinables de una *Requienia*, se encuentra en el cerro de los Tablones (o cerro de la Presa), en la localidad 2 (1).

(1) Todas las localidades fosilíferas citadas están indicadas en el texto de esta memoria por un número, y en el plano, publicado en Parergones, tomo III, número 2, lámina XXVIII, por un asterisco. Algunos de estos asteriscos salieron algo borrados por la impresión deficiente.

A veces también se observan calizas con intercalaciones de un pedernal grueso de forma irregular y de color negro o amarillento, abundando estas calizas con pedernal, sobre todo, en las partes superiores de la división. Al Este del rancho "El Mulato" observé, en la parte superior de la división, una intercalación de un banco margoso con *Ostrea* y sobre ella calizas con pedernal grueso de forma irregular y también calizas con intercalaciones de un pedernal negro, como suelen presentarse en el Cretáceo medio de México central.

Las calizas con Requienias del río Nazas representan una facies arrecifal ("Riff-Facies") del Cretáceo inferior muy comparable al "Urgoniano" de la región alpina y mediterránea. Su edad no se puede fijar con exactitud absoluta. Sólo sabemos que las calizas con Requienias y el banco con Caprínidos, que se observa en su techo, están sobrepuestas por las "Capas con Douvilléiceras." Estas representan según sus Amonitas (véase más adelante pág. 49) al Aptiano superior en toda su extensión, correspondiendo a la vez a la zona de la Dufrenoya furcata y a la del Douvilléiceras subnodosocostatum. Es pues seguro que el banco con Caprínidos y parte de las calizas con Requienias deben representar al Aptiano inferior, pero no es posible decidir la cuestión, si las últimas corresponden además en parte al Barremiano.

2. *BANCO DE CAPRINIDOS*

Los últimos lechos de la caliza gris con Requienias se reconocen fácilmente en toda la región por los numerosos restos de fósiles que contienen. Estos restos, por lo general, no se pueden separar de la roca y sólo se observan bajo la forma de innumerables cortes, que pertenecen principalmente a *Caprínidos* (1), y en segundo lugar a *Corales, Nerineas* y *Bivalvos.*

Los bancos con Caprínidos tienen poco espesor y están formados por la misma caliza gris, como la división anterior. A pesar de esto tienen gran importancia estratigráfica por la facilidad con que, debido a sus fósiles, se reconocen en toda la región.

Entre los bancos con Caprínidos y las "capas con Douvilléiceras" del Aptiano superior se intercalan a veces otras calizas de poco espesor. Así, por ejemplo, existen al Este del rancho "El Mulato" unos bancos con *Nerineas* y al Norte del rancho "El Patrón" se observan calizas grises con pedernal grueso.

La edad de los bancos con Caprínidos no puede ser otra que la del *Aptiano inferior,* por encontrarse las capas en la base del Aptiano superior, bien definido por una fauna rica de Cefalópodos.

---

(1) Sólo en la falda oriental de la Loma Verde (localidad 4) pude hallar Caprínidos sueltos. Sería sumamente interesante determinarlos y compararlos con los Caprínidos del Urgoniano del Sureste de Francia, tan bien estudiados por **Paquier, Kilian y otros,** lo que por ahora no me es posible por falta de materiales de comparación.

3. *CAPAS CON DUFRENOYA Y DOUVILLEICERAS*

APTIANO SUPERIOR

Las capas del Aptiano superior de nuestra región son fáciles a reconocer en el terreno. Tienen una potencia de 30 metros, más o menos, y siendo por lo general margosas, se desagregan fácilmente por la descomposición. Por esto forman en el terreno depresiones o fajas de pendiente más suave entre los acantilados de las calizas con Requienias, por un lado, y las calizas del Cretáceo medio por el otro.

La composición litológica de las capas es algo variada, observándose calizas grises o azuladas; calizas margosas, grises, azuladas o amarillentas; por último, pizarras o capas apizarradas grises y azuladas. Al Sur del Cañón del Borrego se ven abajo capas margosas azuladas y amarillentas, arriba calizas azuladas y capas margosas.

Las capas con Douvilléiceras son muy ricas en fósiles y de ellas proviene la mayor parte de los Cefalópodos descritos en esta memoria. La fauna se compone principalmente de Amonitas, pero además se encontraron numerosos Spatángidos (probablemente pertenecientes al género Toxaster), varios Terebratula y un Nautilus.

Daré a continuación una lista de los fósiles de este piso, según las localidades:

1. *Falda occidental de la Loma Verde (localidad 3).*
   - *Uhligella Aguilerae n. sp.*
   - *Uhligella Jacobi n. sp.*
   - *Pedioceras durangense n. sp.*
   - *Dufrenoya aff. Dufrenoyi d'Orb. sp.*
   - *Dufrenoya texana n. sp.*
   - *Parahoplites aff. Milletianus d'Orb. sp.*
   - *Parahoplites sp., números 1 y 2 (lám. III, fig. 11-13).*
   - *Douvilléiceras aequicostatum n. sp.*
   - *Douvilléiceras nazasense n. sp.*
   - *Douvilléiceras Wilfridi n. sp.*
   - *Douvilléiceras aff. Stoliczkanum Gabb. sp.*
   - *Douvilléiceras sub-Buxtorfi n. sp.*
   - *Douvilléiceras cfr. Buxtorfi Jacob.*
   - *Douvilléiceras sp. ind. (lám. VI, fig. 6-8).*
   - *Douvilléiceras juv. cfr. clansayense Jacob.*
   - *Crioceras trispinosoides n. sp.*
   - *Toxaster* u otro género de *Spatángidos* (numerosos ejemplares).
   - *Terebratula sp. ind.*
2. *Cañón al Este del rancho "El Mulato" (localidad 5).*
   - *Nautilus neohispanicus n. sp.*
   - *Puzosia sp. ind.*
   - *Puzosia aff. Matheroni d'Orb. sp.*
   - *Neocomites nazasensis n. sp.*
   - *Dufrenoya aff. Dufrenoyi d'Orb. sp.*
   - *Parahoplites sp. ind., número 3 (lám. IV, fig. 19-23).*

Douvillléiceras paucinodum n. sp.
Douvilléiceras sp. ind.
Toxaster u otro género de *Spatángidos* (numerosos ejemplares).

3. *Al Norte del rancho "El Patrón" (localidad 6).*
Dufrenoya sp. ind.
Douvilléiceras, varias formas indeterminadas.
Toxaster u otro género de *Spatángidos* (numerosos ejemplares).

4. *Al Sur del Cañón del Borrego (localidad 7).*
Dufrenoya sp. ind.
Parahoplites aff. Milletianus d'Orb. sp.
Douvilléiceras aff. Martinii d'Orb., var. orientalis Jacob.
Ammonitoceras cornutum n. sp.
Toxaster u otro género de *Spatángidos* (varios ejemplares).

5. *Al Norte del Cañón del Borrego (localidad 8).*
Douvilléiceras sp. ind. (lám. V, fig. 1-3).
Douvilléiceras sp. ind.
Ammonitoceras fissicostatum n. sp.

La fauna enumerada tiene relaciones de parentesco con las faunas más diversas.

I. En primer lugar salta a la vista el parentesco de muchas formas con especies del Cretáceo inferior de la *Región alpina* y *mediterránea.*

1. Con el Aptiano del *Sureste de Francia* existen las relaciones siguientes: *Puzosia aff. Matheroni* se acerca a la *Puzosia Matheroni d'Orb. sp.; Dufrenoya aff. Dufrenoyi d'Orb. sp.,* a la *Dufrenoya Dufrenoyi d'Orb. sp.; Douvilléiceras aff. Martinii, var. orientalis,* al *Douvilléiceras Martinii, var. orientalis Jacob; Parahoplites sp. ind. núm. 1,* al *P. crassicostatus d'Orb. sp.,* y *Parahoplites sp. ind. núm. 3,* al *P. gargasensis d'Orb. sp.*

2. Con formas de la zona del Douvilléiceras subnodosocostatum del *"Luitere Zug" en los Alpes suizos* hay varias relaciones de parentesco. Así *Douvilléiceras sub-Buxtorfi n. sp.* y *Douvilléiceras cfr. Buxtorfi Jacob* son muy vecinos del *Douvilléiceras Buxtorfi Jacob; Douvilléiceras juv. cfr. clansayense* se parece mucho al *Douvilléiceras clansayense Jacob* (forma del "Luitere Zug;" no al tipo); por último, *Parahoplites sp. núm. 2* se aproxima al *P. Tobleri Jacob.*

3. Relaciones con el *Caucaso* son indicadas por *Douvilléiceras nazasense n. sp.,* que es muy vecino del *Douvilléiceras Martinii, var. caucasica Anthula.*

4. Por último, *Uhligella Aguilerae n. sp.* se parece a la forma del Gargasiano de los *Prealpes subbéticos,* descrita por *R. Douvillé,* bajo el nombre *de Sonneratia cfr. raresulcata,* y *Uhligella Jacobi n. sp.* es muy vecina de la *Uhligella Rebouli Jacob in Fallot* del Gault de las *Islas Baleares.*

II. Con el *Monte Jura* y el *Norte y Este de Europa* hay también varias relaciones, siendo las principales las siguientes:

1. *Parahoplites aff. Milletianus d'Orb. sp.* (*forma 1*) se parece sobre todo a la forma joven, descrita por *Pictet et Campiche* del Gault inferior de Sainte Croix, *Monte Jura,* y *Neocomites nazasensis n. sp.* se aproxima al *Neocomites cryptoceras Pictet et Loriol* del *Neocomiano* de los *Voirons.*

2. *Parahoplites aff. Milletianus d'Orb.* (*forma 2*) se aproxima mucho

al *P. Milletianus, var. plesiotypica Fritel* del Gault inferior de Algermissen en Hannover, mientras que *Crioceras trispinosoides n. sp.* está emparentado con *Ancyloceras trispinosum von Koenen,* especie común en el Barremiano más alto de *Alemania del Norte.*

3. Por último, *Douvilléiceras paucinodum n. sp.* es muy vecino del *Douvilléiceras Cornueli Sinzow non auct.* del Aptiano superior de *Saratow* (*Rusia*).

III. Algunas de nuestras formas se asemejan a especies de diversas partes de *América* y no cabe duda que dichas relaciones serían mucho más numerosas aún, si nuestros conocimientos de las faunas infracretácicas americanas fueran más completos.

Douvilléiceras aff. Stoliczkanum se parece mucho al *D. Stoliczkanum Gabb de los* "Shasta beds" de *California, Dufrenoya texana n. sp.* se encuentra tanto en México como en los "Trinity beds" de *Texas* y *Pedioceras durangense n. sp.* se aproxima al *Pedioceras caquesense Karsten* y al *Pedioceras Cundinamarcae Gerhardt de Colombia.*

IV. Por último, *Douvilléiceras Wilfridi n. sp.* parece ser vecino del *Douvilléiceras Martinii, var. Gottschei Kilian* del Aptiano de la *"Delagoabai"* en *Africa del Sur.*

Basándose en la fauna enumerada es fácil determinar la edad de nuestras "capas con Douvilléiceras."

Vemos luego que la mayoría de las Amonitas tiene relaciones con formas del *Aptiano superior* (*Gargasiano*) de otras regiones, y un examen más minucioso nos enseña además, que hay relaciones de parentesco con ambas subzonas del Aptiano superior; es decir, tanto con la subzona inferior de la Dufrenoya furcata como con la subzona superior del Douvilléiceras subnodosocostatum et D. Buxtorfi (1).

En efecto, las siguientes formas están emparentadas con especies del Aptiano superior: *Puzosia aff. Matheroni d'Orb. sp.* (P. Matheroni en el Aptiano inferior y superior); *Uhligella Aguilerae n. sp.* ("Sonneratia" cfr. raresulcata R. Douvillé en el Gargasiano de Conil); *Dufrenoya aff. Dufrenoyi d'Orb. sp.* (D. Dufrenoyi especie característica del Gargasiano; también citada del Aptiano inferior); *Parahoplites sp. ind. núm. 1* (emparentado con P. crassicostatus d'Orb. sp., especie carecterística del Gargasiano); *Parahoplites sp. ind. núm. 3* (emparentado con P. gargasensis d'Orb. sp., ídem.); *Douvilléiceras aff. Martinii, var. orientalis Jacob* (D. M., var. orientalis Jacob, en el Aptiano inferior y principalmente en el Aptiano superior); *Douvilléiceras paucinodum n. sp.* (D. Cornueli Sinzow non. auct, en el Aptiano superior); *Douvilléiceras. sub-Buxtorfi n. sp.* y *D. cfr. Buxtorfi* (D. Buxtorfi Jacob, especie característica de la subzona del D. subnodosocostatum).

En cuanto a la facies de nuestro Aptiano superior diré que, a pesar de sus numerosas Amonitas, las "capas con Douvilléiceras" no parecen haber sido formadas en aguas muy profundas. Por lo contrario, la presencia de un Nautilus y la frecuencia de los Equinoídeos, representados en casi todas las localidades por muchos individuos del género Toxaster o de otro género

(1) Compárese el cuadro de las divisiones de la parte media del Cretáceo en Ch. Jacob: Etudes paléontologiques et stratigraphiques sur la partie moyenne des terrains crétacés, l. c., p. 296.

vecino, hacen presumir que las capas del Aptiano superior de la región deben más bien atribuirse a la facies nerítica (1).

4. *CAPAS BASALES DE LAS CALIZAS MESOCRETACICAS*

CAPAS LIMITROFES ENTRE EL APTIANO Y EL GAULT PISO DE CLANSAYES

Unas capas muy características se observan inmediatamente encima del Aptiano superior, formando la base de la serie enorme de las calizas del Cretáceo medio. Son bancos delgados, bien estratificados, a veces apizarrados, de una caliza gris claro o con frecuencia de color café con leche, que alternan con bancos o intercalaciones de pedernal negro. A veces se observan, además, calizas grises o azuladas, también con intercalaciones del mismo pedernal negro. En varios lugares, sobre todo, en un crestón, cerca del rancho Colorines (localidad 1) y al Norte del Cañón del Borrego (localidad 9, inmediatamente sobrepuesta a la localidad fosilífera 8, de las capas con Douvilléiceras), pude encontrar Amonitas y otros fósiles. Dichos restos, silicificados, destruyéndose más difícilmente por la descomposición que la roca misma, sobresalen de la superficie de los estratos y se destacan además de ella, por su color amarillento.

Pude determinar aproximadamente los fósiles siguientes de este piso:

1. *Del rancho "Los Colorines."*

(Localidad 1.)

Parahoplites sp. ind. número 1.

(Ejemplar joven, perteneciente al grupo del Parahoplites Milletianus d'Orb. sp.)

Douvilléiceras cfr. clansayense Jacob.

(Muy parecido al tipo de Clansayes.)

Douvilléiceras juv. sp. ind.

(Del grupo del D. Bigoureti Seunes sp.)

2. *De la localidad al Norte del Cañón del Borrego* (9).

Parahoplites sp. ind. número 1.

(Véase arriba.)

Parahoplites sp. ind. número 2.

(Ejemplar joven, vecino del Parahoplites cfr. Bigoti, en la obra de Pervinquière sobre los Cefalópodos de Túnez, l. c., p. 192.)

Los fósiles mencionados son pocos, y la mayoría sólo está representada por individuos muy jóvenes. Pero, a pesar de esto, indican con claridad la edad de las capas, que no puede ser otra que la del *Piso de Clansayes* ("Zo-

(1) En otras partes de México el Aptiano superior parece ser representado por capas pobres en fósiles. El único fósil, que indica quizás el mismo piso en otra región, es una Amonita que trajo nuestro fotógrafo de Campo Morado (Guerrero) y que creo poder determinar como Dufrenoya aff. furcata Sow. Boese (Centralblatt f. Mineralogie, 1910, p. 661) citó dicha Amonita. Según últimos datos de **T. Flores** la Amonita no se encontró en las inmediaciones de Campo Morado.

Después de haber escrito lo anterior, en 1911, encontré en la colección del Instituto los mismos Spatángidos, como en Nazas, con la etiqueta: "Laguna Meyrán" (Coah.) y últimamente (1922) **Boese** me remitió unos Douvilléiceras, y Dufrenoya, del mismo piso, para su determinación. Dichas Amonitas se encontraron en la hacienda "El Saucillo" (Coah.).

na del Douvilléiceras nodosocostatum y D. Bigoureti"). Este piso puede considerarse como limítrofe entre el Aptiano y el Gault, según los trabajos de *Jacob, Kilian* y otros, siendo atribuído por ciertos autores (Haug, Traité de Geologié II, fasc. 2, p. 1198-1199), al Aptiano, y por otros (Jacob, Etudes paléontologiques et stratigraphiques sur la partie moyenne des terrains crétacés, l. c., p. 296; Kilian, Palaeocretacicum I, l. c., p. 67) al Gault o Albiano.

El mismo horizonte ha sido encontrado por mí, con anterioridad, en las *Sierras de Mazapil,* en donde está representado por capas margosas que llamé "Capas con Parahoplites" (1), y en la región de *San Pedro del Gallo,* en donde observé capas margosas y apizarradas con *Douvilléiceras cfr. nodosocostatum* (véase arriba, p. 26) (2). Además existe probablemente en *San Gaspar Zumpahuacan (Estado de México),* de donde describí en esta memoria (p. 12,39) *Uhligella mexicana n. sp.* y *Douvilléiceras juv. del grupo del D. Bigoureti Seunes.*

5. *CALIZAS DEL CRETACEO MEDIO*

La serie muy potente de calizas mesocretácicas se revela por lo general con mucha claridad en el paisaje, por sus acantilados y por sus capas a veces sumamente plegadas (véase Parergones III, 2, l. c., láminas XXIX, XXXI y XXXIV). Sin embargo, no forman generalmente paredes tan abruptas y macizas como las calizas con Requienias y se distinguen también de ellas por sus bancos más delgados y muchas veces mejor estratificados. La masa principal de la división está formada por calizas compactas, grises o azuladas, con pedernal grueso de forma irregular y de color amarillento o negro.

A veces se observan también calizas grises, con pedernal negro, en forma de bancos o cintas. Estas últimas rocas son en nuestra región subordenadas a las calizas con pedernal grueso, mientras que en otras partes de México (Mazapil, por ejemplo) representan por sí solas toda la serie mesocretácica, siendo características para ella. En cambio, las calizas con pedernal grueso suelen caracterizar en otras regiones la parte superior del Cretáceo inferior (compárese arriba p. 48, en donde indiqué la existencia de calizas con pedernal grueso, entre las calizas con Requienias de nuestra región).

La serie mesocretácica, que se observa entre "Los Colorines" y "Las Tetillas," al Oeste de nuestra región, es bastante distinta de la ya descrita por sus caracteres petrográficos: allí casi no se ven bancos o intercalaciones de pedernal y toda la división está formada por calizas azuladas y calizas apizarradas que contienen a veces trazas de pequeñas Amonitas.

Las calizas mesocretácicas de la región son sumamente pobres en fósiles, pero a pesar de esto, su edad queda fuera de duda por estar sobrepuestas a las capas del Piso de Clansayes.

CONCLUSIONES GENERALES

La serie cretácica de la región del río Nazas presenta una *analogía verdaderamente sorprendente con la serie correspondiente del Sureste de Francia.*

---

(1) Este Boletín, número 23, y "Géologie de la Sierra de Mazapil et Santa Rosa," l. c.

(2) Este Boletín, número 29, y Parergones del Instituto III, 6, 1910, l. c.

Vimos en nuestra región calizas muy potentes con Requienias que terminan arriba con un banco lleno de Caprínidos. Este a su vez soporta las capas margosas fosilíferas con Dufrenoya y Douvilléiceras que representan al Aptiano superior y son cubiertas por la serie de calizas mesocretácicas. Las capas basales de esta serie contienen fósiles del Piso de Clansayes.

Trasladándonos al Sureste de Francia, en donde la serie cretácica correspondiente ha sido tan bien estudiada por los autores franceses (*Hébert, Kilian, Jacob, Haug, Lory, Léenhardt, Paquier* y otros), vemos por ejemplo en la *"Basse Provence"* una sucesión de capas y faunas completamente análoga. Empieza allí la serie que nos interesa, con las "calizas superiores del Urgoniano," caracterizadas por Requienias y otros fósiles. Son, según los autores franceses, equivalentes del Aptiano inferior en facies arrecifal.

Encima de estas calizas urgonianas se observan las "marnes aptiennes," es decir, el Aptiano superior o Gargasiano con una rica fauna de Amonitas. *Kilian* distinguió hace tiempo dos facies del Aptiano superior de la "Basse Provence;" una "facies oriental" y otra "occidental." La "facies occidental" de *Kilian* muestra mucha semejanza con las "capas con Douvilléiceras" del río Nazas. En efecto, *Kilian* dice que esta facies está por lo general sobrepuesta a las calizas del Urgoniano *(Kilian, Palaeocretácicum,* l. c., p. 166, nota infrapaginal 1), siendo caracterizada por la frecuencia de los Hoplites, Dufrenoya y Douvilléiceras (sobre todo del tipo del Douvilléiceras Martinii) y representando una facies más bien litoral por ser acompañadas las Amonitas de Equinoídeos, Bivalvos y Braquiópodos (1).

Al comparar la fauna del Aptiano superior del río Nazas con la del "facies occidental" de *Kilian,* vemos, sin embargo, una diferencia. En efecto los *Phylloceras, Lytoceras, Macroscaphites, Ancyloceras y Oppelia Nisus* faltan completamente en nuestras capas, pero existen en el Aptiano superior de Francia. Nuestra fauna se asemeja a este respecto más bien a las faunas aptianas del Centro y del Norte de Europa, en donde, según *Kilian* y otros (Kilian, Palaeocretacicum I, p. 121 y 122) "predominan casi exclusivamente los Hoplites, Parahoplites, Douvilléiceras y las Oppelias," mientras que "la región mediterránea está caracterizada por el predominio de las Amonitas de los grupos de los Lytoceras, Tetragonites, Macroscaphites, Phylloceras y Desmoceras."

Mucha semejanza con la parte superior de nuestra serie (del Aptiano

(1) Para que se pueda juzgar mejor de la semejanza del "type occidental" del Aptiano francés, con nuestras capas aptianas del Nazas, citaré los siguientes párrafos de los trabajos de Kilian. Este autor dice (Montagne de Lure, l. c., p. 273; Sisteron, l. c., p. 765): "A l'ouest c'est par millions que se rencontrent Am. Dufrenoyi, Am. Nisus; ici dominent les Hoplites (H. gargasensis, H. crassicostatus) et les Acanthoceras (A. Martinii), tandis que là à l'est les Phylloceras et les Lytoceras jouaient le rôle principal;" (Sisteron, l. c., p. 770): "En ce qui concerne les Acanthoceras; il est remarquable que le type Martinii abonde surtout dans le faciès occidental, tandis que dans le faciès oriental ce sont d'autres espèces, surtout le type Cornueli qui représentent le genre Acanthoceras;" (ibidem, p. 778: "le type b (occidental) est celui des dépôts à facies plutôt littoral où les Ammonitidés sont accompagnés d'Echinides, de Bivalves, de Brachiopodes, etc.;" (ibidem p. 78): "Un autre fait digne d'être remarqué est la liaison très constante du type occidental des marnes aptiennes avec le faciès récifal (urgonien) des assises, qui les supportent (Carniol, Apt, La Bedoule), alors que le type oriental ne se montre que là, où le substratum des marnes aptiennes possède le faciès vaseux à Céphalopodes."

XICO CENTRAL

	LLO	SIERRA DE SYMON (Zacatecas-Durango) (2)	REGION DE MAZAPIL (Zacatecas-Coahuila) (3)
	batial	Facies batial	Facies batial
Cretáceo med	il y margas. Acantho- Sharpe, pequeñas as.		Calizas con bancos de pedernal negro. Schlönbachia acutocarinata. (Shum.) Marcou sp., pequeñas Amonitas desenrolladas.
Capas limítro el Gault. (F	zarradas limítrofes. dosocostatum d'Orb.	(No comprobado aún en Symon.)	Capas margosas con Parahoplites. Parahoplites cfr. Milletianus. (d'Orb.) Pictet sp., P. aff. aschiltaensis Anthula, Douvilléiceras sp.
Cretáceo inferior	d'Orb. sp., Holcodiscus, grandes Belemnitas	(No comprobado aún en Symon.)	Calizas con pedernal grueso de forma irregular
		Capas con Desmoceras del grupo del D. liptoviense Zeuschn. (Calizas y pizarras.)	
	s con Leptoceras.	Capas con Pulchellia. (Calizas grises, rojizas o amarillentas.)	Calizas azuladas. Holcodiscus sp.
	con Holcostephanus. l. Hoplites cfr. neo- lites cfr. pexiptychus cfr. bidichotomus	Capas con Astieria. (Calizas y margas.) Fauna descrita por E. Böse. (2)	Capas con Holcostephanus. (Margas amarillentas.) Astieria aff. psilostoma N. et U., A. cfr. Atherstoni Sharpe sp., Hoplites aff. Michaelis Uhl., H. cfr. neocomiensis d'Orb.
	l Berriasiano. (Capas thodiscus, Neocomi- el Boletín 29. (1)	Capas pobres en fósiles.	Calizas pobres en fósiles.
Capas limítrofes inferior y el Ju	el Cretáceo infe-	Capas limítrofes entre el Cretáceo inferior y el Jurásico superior.	Capas limítrofes entre el Cretáceo inferior y el Jurásico superior.

(1) Véase "F
(2) „ E. B
(3) „ "Fa

CUADRO DE LAS CAPAS INFRACRETACICAS DE MEXICO CENTRAL

REGION DEL RIO NAZAS
(Durango)

		Facies y subdivisiones	Carácter litológico y potencia	Fósiles principales	Edad
Cretáceo medio.	Facies batial	Calizas del Cretáceo medio.	Calizas grises con pedernal grueso; calizas grises con bancos de pedernal negro; calizas azuladas y calizas apizarradas. Potencia considerable.	Fósiles muy escasos.	Cretáceo medio.
Capas limítrofes entre el Aptiano y el Gault. (Piso de Clansayes.)		Capas basales de las calizas del Cretáceo medio. (Piso de Clansayes.)	Calizas y calizas margosas grises claras o de color café con leche, alternando con bancos de pedernal negro; poco potentes.	Parahoplites juv. sp. ind. (varias formas), Douvilléiceras cfr. clansayense Jacob, Douvilléiceras juv. sp. ind. (Este piso parece existir también en San Gaspar, Estado de México con Uhligella mexicana y Douvilléiceras.).	Piso de Clansayes.
Cretáceo inferior	Facies nerítica	Capas con Douvilléiceras. (Aptiano superior.)	Calizas margosas grises o amarillentas, calizas grises o azuladas, pizarras y capas apizarradas grises. 30 m. más o menos.	Spatángidos, Terebratula sp. ind., Nautilus neohispanicus n. sp., Puzosia sp. ind., P. aff. Matheroni d'Orb. sp., Uhligella Aguilerae n. sp., U. Jacobi n. sp., Pedioceras durangense n. sp., Neocomites nazasensis n. sp., Dufrenoya cfr. Dufrenoyi d'Orb. sp., D. texana n. sp., D. sp. ind. Parahoplites aff. Milletianus d'Orb. sp., P. sp. ind. (varias formas), Douvilléiceras aequicostatum n. sp. D. sp. ind. D. aff. Martinii d'Orb. sp., var. orientalis Jacob, D. nazasense n. sp., D. Wilfridi n. sp. D. aff. Stoliczkanum Gabb sp., D. paucinodum n. sp., D. sub-Buxtorfi n. sp., D. cfr. Buxtorfi Jacob, D. cfr. clansayense Jacob, Ammonitoceras cornutum n. sp., A. fissicostatum n. sp., Crioceras trispinosoides n. sp.	Aptiano superior.
Aptiano superior. (Gargasiano.)					
Aptiano inferior y Barremiano.	Facies arrecifal	Banco con Caprínidos. (Capas terminales de las calizas con Requienias.)	Caliza gris como la caliza con Requienias. Banco poco potente.	Caprínidos.	Probablemente Aptiano inferior.
		Calizas con Requienias.	Calizas grises compactas en bancos gruesos. Intercalaciones margosas con Ostreas. Potencia considerable. (¡Base desconocida!)	Requienias, Exogyras, Ostreas.	Aptiano a Barremiano.
		ESTAS CAPAS NO AFLORAN			
Hauteriviano ?					
Valangiano					
Berriasiano.					
Capas limítrofes entre el Cretáceo inferior y el Jurásico superior.					

FACIES DEL FIYSCH — Pizarras y areniscas verdes; pizarras grises o negras y areniscas verduscas o amarillentas de San Francisco

SAN PEDRO DEL GALLO — Durango (1) — Facies batial	SIERRA DE SYMON — (Zacatecas-Durango) (2) — Facies batial	REGION DE MAZAPIL — (Zacatecas-Coahuila) (3) — Facies batial
Calizas con pedernal y margas. Acanthoceras cfr. laticlavium Sharpe, pequeñas Amonitas desenrolladas.		Calizas con bancos de pedernal negro. Schlönbachia acutocarinata. (Shum.) Marcou sp., pequeñas Amonitas desenrolladas.
Capas margosas y apizarradas limítrofes. Douvilléiceras cfr. nodosocostatum d'Orb. sp.	(No comprobado aún en Symon.)	Capas margosas con Parahoplites. Parahoplites cfr. Milletianus. (d'Orb.) Pictet sp., P. aff. aschiltaensis Anthula, Douvilléiceras sp.
Calizas con pedernal grueso. Desmoceras cfr. Boutini Math. sp., Costidiscus cfr. rectocostatus d'Orb. sp., Holcodiscus, grandes Belemnitas	(No comprobado aún en Symon.)	Calizas con pedernal grueso de forma irregular
	Capas con Desmoceras del grupo del D. liptoviense Zeuschn. (Calizas y pizarras.)	
Calizas grises y rojizas con Leptoceras.	Capas con Pulchellia. (Calizas grises, rojizas o amarillentas.)	Calizas azuladas. Holcodiscus sp.
Calizas y margas con Holcostephanus. Astieria cfr. Sayni Kil. Hoplites cfr. neocomiensis d'Orb. Hoplites cfr. pexiptychus Uhlig, Polyptychites cfr. bidichotomus Leym. sp.	Capas con Astieria. (Calizas y margas.) Fauna descrita por E. Böse. (2)	Capas con Holcostephanus. (Margas amarillentas.) Astieria aff. psilostoma N. et U., A. cfr. Athersoni Sharpe sp., Hoplites aff. Michaelis Uhl., H. cfr. neocomiensis d'Orb.
Caliza pardusca del Berriasiano. (Capas con Spiticeras.) Acanthodiscus, Neocomites, Spiticeras. Fauna descrita en el Boletín 29. (1)	Capas pobres en fósiles.	Calizas pobres en fósiles.
Capas limítrofes entre el Cretáceo inferior y el Jurásico superior.	Capas limítrofes entre el Cretáceo inferior y el Jurásico superior.	Capas limítrofes entre el Cretáceo inferior y el Jurásico superior.

(1) Véase "Faunes Jurassiques et Crétaciques de San Pedro del Gallo." Este Boletín núm. 29; "Estudio geológico de la región de San Pedro del Gallo." Parergones, tomo III, núm. 6.
(2) „ E. Böse: "Algunas Faunas Cretácicas de Zacatecas, Durango y Guerrero." Este Boletín núm. 42.
(3) „ "Faune Jurassique de Mazapil." Este Boletín núm. 23; "Géologie de la Sierra de Mazapil et Santa Rosa." Guide des Excursions du Xe. Congrès Geól. int. núm. XXVI.

superior hacia arriba) presenta la serie clásica de Clansayes, en donde se observan de abajo a arriba, según *Kilian, Léenhardt* y *Jacob* (Comp. Jacob; Etudes paléont. et stratigr., l. c., págs. 288, 289):

1. "Marnes à Belemnites semicanaliculatus;" 2. "Marnes avec la Faune des Grèzes," fauna que se parece mucho a nuestra fauna del Aptiano superior y contiene: Douvilléiceras Martinii d'Orb. sp., Parahoplites Milleti d'Orb. sp., P. crassicostatus d'Orb. sp., P. Tobleri Jacob, Douvilléiceras Martinii, var. orientalis Jacob, y D. subnodosocostatum Sinzow (1); et 4. "marnes sableuses à Belemnites semicanaliculatus;" 5. "Niveau principal de la Faune de Clansayes" con Douvilléiceras Nolani, Douvilléiceras Bigoureti, D. nodosocostatum d'Orb., etc.

De lo anteriormente expuesto resulta una analogía sorprendente entre la serie del Nazas y la del Sureste de Francia. Sólo queda una pequeña diferencia aparente, que consiste en la existencia de nuestro banco con Caprínidos entre las calizas con Requienias y el Aptiano superior. Pero esta diferencia desaparece también al estudiar la serie de los alrededores de Grenoble. En la localidad "Le Rimet" se observa, en efecto, según *Kilian, Lory, Paquier y Jacob* (véase *Jacob,* Etudes, etc., l. c., p. 476; *Kilian,* Sisteron, l. c., p. 768-69; *Paquier;* Sur la présence du genre Caprina dans l'Urgonien. C. R. S. Ac. des Sc. CXXXII, 1901, p. 229) la sucesión siguiente: *a*). Calizas superiores del Urgoniano (Aptiano inferior); *b*). Ultimos bancos de estas calizas, muy fosilíferos con numerosas Caprina asociadas a otras formas vecinas; *c*). Capas poco potentes con Matheronia Virginiae, pasando a las margas de la "deuxième zone à Orbitolines," que corresponde según *Kilian* y *Jacob* (l. c.) al Gargasiano y contiene entre otros fósiles: Douvilléiceras Stobiesckii d'Orb. sp., D. Martinii d' Orb. sp., D. Cornueli d'Orb. sp. Desmoceras cfr. Matheroni d'Orb.

Podemos resumir las analogías expuestas entre la serie francesa y la de la región del Nazas, del modo siguiente:

(1) La "Faune des Grèzes" sería intermediaria entre la fauna de la subzona con Dufrenoya furcata, y la de la subzona con Douvilléiceras subnodosocostatum, según Jacob. En cambio, Haug la paraleliza con esta última (Traité de Géologie II, 2. p. 1198-1199).

SERIE DEL RIO NAZAS (Según esta memoria.)	SERIE DEL SURESTE DE FRANCIA (Según *Kilian, Lory, Jacob, Léenhardt, Paquier,* etc.)
5). Cretáceo medio.	5). Cretáceo medio.
4). Capas basales de las calizas mesocretácicas con Douvilléiceras cfr. clansayense Jacob y D. juv. del grupo del D. Bigoureti Seunes.	4). "Niveau de Clansayes."
3). Capas margosas con Dufrenoya y Douvilléiceras. Dufrenoya aff. Dufrenoyi d' Orb., Parahoplites y numerosos Douvilléiceras del grupo del D. Martinii d'Orb.	3). "Marnes aptiennes" (Gargasien). "Type occidental" de *Kilian* con numerosos Dufrenoya, Parahoplites y Douvilléiceras del grupo del D. Martinii d'Orb.
2). Banco con Caprínidos (últimos lechos de las "calizas con Requienias").	2). Ultimos bancos de las calizas del "Urgonien" del "Rimet" cerca de Grenoble, con numerosas Caprina.
1). Calizas grises con Requienias.	1). Calizas superiores del Urgoniano.

Una *comparación de la serie cretácica de la región del río Nazas con las capas isócronas de otras partes de México central* (véase el cuadro p. 54-55) (1) nos enseña que pertenece en mayor parte a unas facies que, según nuestros conocimientos actuales, no se encontraron hasta hoy fuera de nuestra región de estudio. Vimos en la descripción estratigráfica que el Aptiano inferior y quizá también el Barremiano están representados en Nazas por una facies zoógena arrecifal (Calizas con Requienias y Banco con Caprínidos) que se parece al Urgoniano ("Schrattenkalk") de los Alpes, y que el Aptiano superior de nuestra región se encuentra en una facies nerítica (Capas con Dufrenoya y Douvilléiceras).

(1) En el Sur de México debemos considerar como equivalentes de la serie infracretácica del río Nazas a las capas de Tehuacán, Zapotitlán, San Antonio de las Salinas y San Juan Raya (Puebla) conocidas desde **Nyst et Galeotti.** Sus faunas fueron estudiadas por **Aguilera y Félix.** Dichas capas pertenecen, según **Kilian** (Palaeocretacicum, l. c. 1, p. 60) a la "facies urgoniana" del Cretáceo inferior. Debo decir, sin embargo, que las capas en cuestión no se parecen en todo al Urgoniano de la región mediterránea. Arriba se encuentra una serie potente de pizarras y areniscas (capas de San Juan Raya) con la rica fauna nerítica enumerada por **Aguilera** (Guide des excursions du X Congrès géol. int. 1906. No. VII. "Excursión de Tehuacán à Zapotitlán et San Juan Raya," p. 28, Tableau) y más abajo vienen calizas zoógenas alternando con pizarras y areniscas. De todos modos, las "calizas con Requienias" del río Nazas se parecen mucho más al "Schrattenkalk" (Urgoniano) de los Alpes que los depósitos de la región de Tehuacán.

Por el contrario, en el Estado de Zacatecas (Región de Mazapil, abarcando partes limítrofes del Estado de Coahuila; Symon), es decir en una zona situada más al Este que la región del Nazas, se observa una facies más batial, que corresponde a un mar infracretácico algo más profundo. Allí la parte superior del Cretáceo inferior (Barremiano y Aptiano) está representada por una serie muy potente de calizas, por lo general, con pedernal grueso (1), que contienen a veces Amonitas (Desmoceras, Holcodiscus, Pulchellia) y en las capas superiores grandes Belemnites.

Hacia la base de las calizas con pedernal grueso se observan por lo general calizas azuladas, que por su aspecto litológico se parecen algo a las calizas con Requienias del Nazas, pero nunca encontré en ellas Requienias, sino únicamente restos mal conservados de Amonitas.

En la región de San Pedro del Gallo (Durango) las capas superiores del Cretáceo inferior se encuentran en dos facies distintas. En la parte central de la región (Sierrita) existe una facies batial idéntica con la ya mencionada de la región de Mazapil. Está representada por calizas muy potentes con pedernal grueso que contienen varias Amonitas (Desmoceras cfr. Boutini Math, Costidiscus cfr. recticostatus d'Orb., Holcodiscus) y grandes Belemnitas y, en la base, por calizas grises y rojizas con numerosos Leptoceras.

En la parte oriental y occidental de la misma región (al Oeste de San Pedro y Sierra de San Francisco) aflora por lo contrario una facies muy distinta de la parte superior del Cretáceo inferior y de la base del Cretáceo medio. Aquí las rocas (pizarras grises y areniscas verduzcas) se parecen mucho al "Flysch" y por eso creo poder considerar la facies en cuestión como "Facies del Flysch," probablemente depositada en un mar no muy profundo.

La diferencia facial que se observa, como acabamos de ver, en el Infracretácico superior de México central, desaparece con las capas limítrofes y el Cretáceo medio, representados de un modo uniforme por calizas y margas amonitíferas que se formaron seguramente en un mar bastante profundo.

* * *

Varios autores, entre otros *Kilian* y *Krenkel* (2), demostraron ya que las faunas y elementos faunísticos del Aptiano tienen una extensión muy grande y se observan, con gran uniformidad, en las regiones más diversas del mundo. Desde que nos dió *Krenkel* un resumen de los yacimientos aptianos mundiales (l. c.) se completaron nuestros conocimientos. Creo, pues, que será útil presentar un nuevo resumen (3), dando una *ojeada a los principales yacimientos y faunas de Amonitas del Aptiano superior del mundo.* De este modo resaltarán las relaciones faunísticas entre la fauna aptiana de Nazas y las faunas isócronas de otras regiones; y se podrá ver que del mismo modo como nuestra fauna está caracterizada en primer lugar por los grupos de la *Dufrenoya furcata* y del *Douvilléiceras Martinii,* representantes de estos grupos

(1) Vimos arriba (p. 48) que en la región del Nazas existen también calizas con pedernal grueso del mismo carácter litológico. Pero la mayor parte de ellas es más moderna que las de la región de Mazapil, perteneciendo al Cretáceo medio y solamente pocas capas se observan también subordenadas a nuestras "Calizas con Requienias."

(2) Véase Krenkel: Aptfossilien der Delagoabai, l. c., p. 156-167.

(3) Este resumen data como el resto de la presente memoria del mes de octubre de 1911.

desempeñan un papel muy importante en las faunas aptianas de las regiones más diversas.

Empezando con los yacimientos del *NORTE DE EUROPA* encontramos faunas aptianas conocidas ya hace mucho tiempo, pero desgraciadamente aún no muy estudiadas en el *Sur de Inglaterra.* Allí los "Hythe beds" del "Lower Greensand," contienen, según los autores (véase Woodward, H. B: Geology of England, l. c., p. 368) : *Parahoplites Deshayesi Leym, Douvilléiceras Martinii d'Orb., Dufrenoya furcata Sow.* (el original de *Sowerby* proviene de Hythe), *Parahoplites Milletianus d'Orb., Ancyloceras gigas Sow., Ancyloceras Hillsi Sow,* etc. En el "Lower Creensand" de Atherfield (Isle of Wigth) existen los Cefalópodos siguientes: (Forbes, Lower Greensand, l. c.; Fitton, Qu. j. Geol. Soc. 1847, p. 299) : *Nutilus reocomiensis d'Orb., Nautilus Neckerianus Pictet et Campiche, Dufrenoya furcata Sow., Parahoplites Deshayesi Leym. in Forbes, Douvilléiceras Martinii d'Orb. in Forbes, Douvilléiceras Cornueli d'Orb. Ammonites Hambrovii Forbes.* Desgraciadamente la posición exacta de todos estos fósiles no está bien establecida; *Haug* (Traité de Géologie II, 2., p. 1192), *Woodward* y otros colocan la fauna en el Aptiano inferior.

De *Alemania del Norte* fueron descritos por *von Koenen* (Ammonitiden des norddeutschen Neocom, l. c.,) : *Dufrenoya furcata Sow, Douvilléiceras Martinii d'Orb.* y *D. Kiliani von Koenen.* Las tres especies se encuentran en Ahaus, pero desgraciadamente *Stolley* (Centralblatt, 1908, l. c., p. 212, 213) menciona, que el nivel estratigráfico de estas formas no está bien fijado y que además las determinaciones e identificaciones de *von Koenen* no parecen ser correctas, sobre todo, en lo que se refiere a Dufrenoya furcata y Douvilléiceras Martinii.

Entre los yacimientos aptianos de la *PARTE CENTRAL DE EUROPA* citaré, en primer lugar, los del *Monte Jura.* Por los trabajos de *Pictet, Campiche, Jaccard* y otros (véase Jacob: Etudes paléontologiques et stratigraphiques, l. c., p. 537 y 538) sabemos que las "marnes de la Bresta" del "Val Travers" representan la zona de la Dufrenoya furcata y contienen: *Dufrenoya furcata Sow., Douvilléiceras Martinii d'Orb., Parahoplites Gargasensis d'Orb.* y *Parahoplites Campichei Pictet et Renevier.*

Los yacimientos del SUR DE RUSIA y del *CAUCASO,* estudiados recientemente por varios autores, nos conducen en regiones que se avecinan ya de la región mediterránea.

Cerca de *Saratow* existen faunas aptianas, descritas por *Sinzow* (Beiträge zur K. des südruss. Aptien u Albien, 1910, l. c., p. 2-5; Jura-und Kreide versteinerungen, 1872, l. c.) y *Vasilievskij* (Note sur les couches à Douvilléiceras, l. c., 1908). Según estos autores se encuentra allí la serie siguiente (sólo mencionaré las Amonitas) : 1). Capas con *Parahoplites cfr. Deshayesi Leym;* 2). Capas con *Parahoplites Deshayesi Leym., P. consobrinoides Sinzow, P. latilobatus Sinzow, P. subfissicostatus Sinzow, P. laeviusculus von Koenen;* 3). Capas con *Parahoplites consobrinoides Sinzow, P. Deshayesi Leym., Dufrenoya cfr. furcata Sow., Oppelia Trautscholdi Sinz., Douvilléiceras Meyendorffi Sinzow non d'Orb. (= D. Cornueli Sinzow non* d'Orb. 1872), *Crioceras* y *Hamites;* 4). Capas con la fauna descrita por *Vasilievskij* y atribuídas a la "zona del Douvilléiceras subnodosocostatum"; contienen: *Douvilléiceras Tschernyschewi Sinzow, D. Tschernyschewi var. laticostata Sinzow, D. cfr. Martinii, var. orientalis Jacob, D. volgense Vasilievskij, D. cfr. subnodosocostatum Sinzow, D. aff. subnodosocostatum Sinzow.*

En la península de *MANGYSCHLAK Sinzow* (Aptien u Albien, l. c., p. 12) observó la serie siguiente: 1). Aptiano con *Nautilus Neckerianus Pict. et C., Ancyloceras, Crioceras, Oppelia Trautscholdi Sinz., Douvilléiceras Cornueli d'Orb., D. Martinii d'Orb., D. Albrechti-Austriae Hoh., D. seminodosum Sinzow, Parahoplites subfissicostatus Sinzow, P. Deshayesi Leym., Dufrenoya cfr. furcata Sow.*, 2). Margas obscuras (las llamadas "capas de Clansayes") con *Parahoplites multicostatus Sinzow, P. sub-Campichei Sinzow, P. maximus Sinzow, P. Grossouvrei Jacob, P. Schmidti Jacob, P. Melchioris Anthula, P. Sjögreni Anthula, Acanthohoplites laticostatus Sinzow, A. subpeltoceroides Sinzow, A. Tobleri (Jac.) Sinzow, A. aschiltaensis Anthula, Parahoplites Nolani Seunes, P. pygmaeus Sinzow sp. (var), P. rectangulatus Sinzow sp., var. Oppelia Trautscholdi Sinzow, Douvilléiceras Martinii, var. caucasica Anthula; D. subnodosocostatum Sinzow, D. Tschernyschewi Sinzow, Desmoceras falcistriatum Anthula;* 3). Gault con *Douvilléiceras mamillatum Schloth., Sonneratia, Leymeriella, etc.*

Cerca de *Kislovedsk* en el *CAUCASO* se observa, según *Renngarten* y *Sinzow* (Aptien und Albien, l. c., p. 6-9), la serie siguiente: 1). Aptiano con *Parahoplites Deshayesi, var. sub-Bodei Sinzow; P. latilobatas Sinzow, P. consobrinoides Sinzow, P. Weissi N. et U., Douvilléiceras Cornueli d'Orb., D. Albrechti-Austriae Hob., D. seminodosum Sinzow, Oppelia Trautscholdi Sinzow;* 2). Zona del Douvilléiceras subnodosocostatum con *Acanthohoplites laticostatus Sinzow, Douvilléiceras Martinii, var. caucasica Anthula; D. Tschernyschewi Sinzow, D. subnodosocostatum Sinzow, Parahoplites multicostatus Sinzow, Oppelia Trautscholdi Sinzow* y en la parte superior con *Acanthohoplites Tobleri (Jacob) Sinzow, A. aschiltaensis Anthula, Parahoplites maximus Sinzow;* 3). Las llamadas "capas superiores de Clansayes," en realidad el "Piso de Clansayes," con *Acanthohoplites Abichi Anthula, A. Bigoureti Seunes, A. Lorioli Sinzow, A. Trautschcldi Bac. Sim. et Sor.* (la fauna de Akuscha, descrita por *Anthula* (l. c.) "Ueber die Kreidefossilien des Kaukasus," pertenece, según los autores, probablemente a este nivel).

La "arcilla negra piritífera" del Cáucaso representaría según *Sinzow* (l. c., p. 6) a la "zona del Douvilléiceras subnodosocostatum." Contiene: *Douvilléiceras Martinii, var. caucasica Anthula; D. subnodosocostatum, var. robusta Sinzow; Acanthohoplites laticostatus Sinzow, A. subpeltoceroides Sinzow, A. Tobleri Jacob, var. discoidalis Sinzow; Parahoplites multicostatus Sinzow, Uhligella Zürcheri Jacob, Phylloceras, Lytoceras, Crioceras.* Mencionaré por último que los autores citan de Kutais: *Dufrenoya Dufrenoyi d'Orb.*

Pasaremos ahora a la *REGION ALPINA Y MEDITERRANEA.* Habiendo tratado ya con bastante detalle a las faunas aptianas del *SURESTE DE FRANCIA* al compararlas con las faunas del Nazas (véase arriba) me contentaré aquí con reproducir la lista de la fauna de *Carniol,* dada por *Kilian* (Lure, l. c., p. 266). Dicha fauna, que puede considerarse como típica para el "type occidental" del Gargasiano de los "Basses Alpes," se compone de los Cefalópodos siguientes: *Belemnites semicanaliculatus Blainville, Nautilus sp., N. Ricordeaui d'Orb., Phylloceras Carlavantii d'Orb., P., inornatum d' Orb., P. Guettardi Rasp., P. Tethys d'Orb., P. Rouyanum d'Orb., Tetragonites Duvalianus d'Orb., Lytoceras strangulatum d'Orb., Macroscaphites stria-*

tisulcatus d'Orb., Oppelia (Adolphia) Nisus d'Orb., Desmoceras Emerici Rasp., D. Melchioris Tietze, Puzosia Matheroni d'Orb., P. Belus d'Orb., Dufrenoya Dufrenoyi d'Orb., D. lurensis Kilian, Parahoplites crassicostatus d' Orb., P. gargasensis d'Orb., Douvilléiceras Martinii d'Orb., Toxoceras Royerianum d'Orb., Ptychoceras laeve Math., P. Emericianum d'Orb.

En los *ALPES SUIZOS* encontramos la fauna del "Luitere Zug" en el valle de la Engelberger Aa. Según *Jacob* (Jacob et Tobler, Gault de la Vallée de l'Engelberger Aa, l. c.) dicha fauna, que representa al tipo de la "subzona con Douvilléiceras subnodosocostatum," se compone de los Cefalópodos siguientes: *Nautilus Neckerianus Pictet et Roux, N. clementinus d'Orb., Belemnites semicanaliculatus Blv., Phylloceras Guettardi Rasp., P. Goreti Kilian, P. ex aff. Velledae Mich., Tetragonites Duvalianus d'Orb., T. Jallabertianus Pict., Lytoceras Depereti Kilian, Desmoceras Emerici Rasp., Puzosia cfr. Angladei Sayn, P. Mayoriana d'Orb. p. p., Uhligella Zürcheri Jacob, Parahoplites Tobleri Jacob, P. cfr. Nolani Seunes, P. Schmidti Jacob, Douvilléiceras Martinii d'Orb., var. orientalis Jacob; D. subnodosocostatum Sinzow, D. clansayense Jacob, D. Buxtorfi Jacob, D. pusilla Sinzow, Toxoceras cfr. Honnoratianum d'Orb., Ptychoceras Puzosianum d'Orb.*

Sabemos por los trabajos de varios autores (Roussel, Bulletin de la carte geol. de France número 35, 1893; Carez, Géologie des Pyrénées françaises 1903-1908, l. c.) que existen en los *PIRINEOS* capas aptianas con: *Nautilus neocomiensis d'Orb., Dufrenoya Dufrenoyi d'Orb., Douvilléiceras Martinii d'Orb., D. Cornueli d'Orb., Parahoplites Deshayesi Leym., P. gargasensis d' Orb., P. Milletianus d'Orb.*, Oppelia Nisus d'Orb., *Puzosia Matheroni d'Orb.* Por los trabajos ya antiguos de *Coquand* (Monographic de l'étage Aptien de l' Espagne, l. c.) y *Vilanova* (l. c.) conocemos de varias partes de *ESPAÑA (Josa,* etc.) depósitos aptianos que contienen entre otros fósiles: Nautilus *neocomiensis d'Orb., Douvilléiceras Cornueli d'Orb., D. Martinii d'Orb., Dufrenoya furcata Sow., Parahoplites crassiscostatus d'Orb., P. gargasensis d'Orb.*

De la *Sierra Mariola* (Alicante) cita *Nicklès* (Sud-Est de l'Espagne, l. c., p. 65,66) las Amonitas aptianas siguientes: *Douvilléiceras Stobiesckii d' Orb., D. Martinii d' Orb., D. Cornueli d'Orb., Dufrenoya Dufrenoyi d'Orb.* y *Desmoceras Athos Coq.*

Conocemos algunas faunas del Gargasiano de la *CORDILLERA SUBBETICA* gracias a los trabajos de *R. Douvillé* (Esquisse géologique des Préalpes subbétiques, 1906, l. c.), quien revisó las colecciones de *Verneuil.* En *Conil* (Provincia de Cádiz) se encuentran según dicho autor: *Parahoplites crassicostatus d'Orb., Sonneratia cfr. raresulcata d'Orb.=Uhligella sp.* (véase arriba p. 10), *Puzosia Belus d'Orb.*, y numerosos *Phylloceras;* en *Huescar: Oppelia cfr. Nisus d'Orb., Douvilléiceras Martinii d'Orb.* y *Macroscaphites striatisulcatus d'Orb.*

El Aptiano de *Iviza, ISLAS BALEARES,* contiene según *Nolan* (Jurassique et Crétacé des Iles Baléares, C. R. Ac. Sc. CXX, p. 1360. 1895, l. c.): *Parahoplites Deshayesi Leym, Puzosia Matheroni d'Orb., Douvilléiceras Martinii d'Orb.*, y en las partes superiores, *Dufrenoya Dufrenoyi d'Orb.*

Pasando al *TERRITORIO AFRICANO* encontramos los yacimientos de *Argelia* y de *Túnez.*

En *ARGELIA* los yacimientos de la Provincia de Constantine (*Ain*

Zaïrin, etc.), fueron estudiados hace mucho tiempo por *Coquand* (Description géologique, l. c., p. 87, etc.; Etudes supplémentaires, l. c.). Este autor cita entre otros fósiles: *Belemnites semicanaliculatus Blv., Oppelia Nisus d'Orb., Douvilléiceras Martinii d'Orb., D. Cornueli d'Orb., D. Stobieskii d'Orb., Parahoplites gargasensis d'Orb., P. Deshayesi Leym., Dufrenoya Dufrenoyi d' Orb., Macroscaphites striatisulcatus d'Orb., Tetragonites Duvalianus d'Orb., Phylloceras Guettardi Rasp., Desmoceras Emerici Rasp.* y *Ptychoceras laeve Math.*

En el Aptiano de *TUNEZ* distingue Pervinquière (Céphalopodes de Tunisie, l. c., p. 416-417) dos facies. La facies nerítica de dicho autor contiene: *Nautilus neocomiensis d' Orb., Parahoplites fissicostatus Phill., P. consobrinoïdes Sinzow., P. Weissi N. et U. y Douvilléiceras Martinii d'Orb.*, mientras que en la facies batial se encontraron: *Phylloceras Guettardi Rasp., Oppelia Nisus d'Orb., Puzosia getulina Coq., Parahoplites gargasensis d'Orb.*, y *P. crassicostatus d'Orb.* Encima de este Aptiano vienen capas con: *Hoplites Matho Pervinquière, Parahoplites Milletianus d'Orb., P. cfr. gargasensis d' Orb., P. Bigoti Seunes, Douvilléiceras Bigoureti Seunes, Puzosia getulina Coq., Phylloceras lateumbilicatum Per.*, y *Ptychoceras cfr., laeve Math.* Dichas capas representan probablemente al "Piso de Clansayes."

El Aptiano de la *DELAGOABAI* representa probablemente a la vez al Aptiano inferior y superior. Según *Kilian* (Ueber Aptien in Südafrika, l. c.) y *Krenkel* (Die Aptfossilien der Delagoa-Bai, l. c.) se encontraron en esta localidad: *Oppelia Nisus d'Orb., Douvilléiceras Martinii, var. Gottschei Kilian; D. Albrechti-Austriae Hoh., D. delagoense Krenkel, Ammonitoceras Ackermanni Kilian, Ancyloceras Royerianum d'Orb., A. Fallauxi Uhl., var. mozambiquense Krenkel.*

Es muy probable que las capas infracretácicas del *SOMALILAND* pertenezcan en parte al Aptiano superior, porque contienen el *Hoplites somalicus Mayer-Eymar* (Mayer-Eymar, Neocomian-Versteinerungen aus dem Somaliland., l. c.), que me parece formar parte del género *Dufrenoya* (véase arriba página 18).

Muy contados son los yacimientos y fósiles que parecen indicar el Aptiano en *ASIA* y *OCEANIA*. De *PERSIA (Ludistan)* cita *H. Douvillé* (Mission scientifique en Perse, tome 3e., pt. 4, l. c., p. 231-234): *Douvilléiceras Cornueli d'Orb., Sonneratia sp., Parahoplites Milleti d'Orb., Hamulina y Nautilus cfr. neocomiensis d'Orb.;* de *CUTCH (INDIAS ORIENTALES)* conocemos desde *Waagen* (Jurassic Cephalopoda of Kutch: Appendix, l. c.): *Douvilléiceras Martinii d'Orb.* (PL. LX, fig. 2a-b, *non* 3 in Waagen, l. c.), *Parahoplites Deshayesi Leym.* (PL. LX, fig. 3a-b, *non* 2 in Waagen, l. c.) y *Crioceras australe Moore;* por último *Kilian* y *Piroutet* (Bull S. G. France, 4e série, V. 1905, p. 114) citan de la *NUEVA CALEDONIA: Douvilléiceras sp.* del grupo del *D. Martinii d'Orb.*

Terminado nuestro resumen con los yacimientos aptianos de *AMERICA*, citaré en primer lugar a los "Trinity beds" de *TEXAS*, que contienen: *Dufrenoya texana n. sp.* (=D. furcata in Kilian; Ueber Aptien in Südafrika, l. c.; véase arriba p. 20), *Dufrenoya Roemeri Cragin, D. Justinae Hill* y *D. hoplitoides Lasswitz* (véase Lám. IX, fig. 2-3 y Lám. X, fig. 14-15). El Aptiano parece, además, indicado en *CALIFORNIA* por *Douvilléiceras Stoliczkanum Gabb.*, que se encontró en Cottonwood Creek (Shasta County). De *COLOMBIA* describió *Gerhardt* (Beiträge Zur Kenntniss der Kreideform.

in Columbien, l. c.) unos cuantos fósiles aptianos: *Dufrenoya Stuebeli Gerh., Douvilléiceras Martinii d'Orb., Parahoplites Milleti d'Orb., Pedioceras Cundinamarcae Gerh.* Además, es muy probable que varias especies descritas por *Karsten* (Ueber die geogn. Verh. des westl. Columbien, l. c.), sobre todo *Dufrenoya Codazziana Karsten* (véase arriba p. 18 y Lám. X, fig. 10-11) y *Pedioceras Caquesense Karsten,* pertenezcan también al Aptiano. En la misma región el "Piso de Clansayes" parece ser indicado por *Douvilléiceras santafecinum nob.* (=D. Stoliczkanum R. Douvillé p. p. Crétacé sudaméricain, l. c.; véase arriba p. 26) especie emparentada con D. nodosocostatum d'Orb. (1).

Por último, en el *VALLE DEL AMAZONAS* se encontró *Douvilléiceras Amazonarum nob.* (= D. Stoliczkanum R. Douvillé, l. c., pro parte; véase arriba p. 26), que parece aproximarse al D. Clansayense Jacob.

(1) Del Aptiano de Colombia indica **L. W. Collet** (En: **H. Eugster;** Columbianische Ostcordilleren Eclogae geologicae Helvetiae, vol. XVII, No. 2. Oct. 1922, p. 254) últimamente las Amonitas siguientes: Douvilléiceras Martinii d'Orb., var. orientalis Jacob; D. Buxtorfi Jacob, D. subnodosocostatum Sinzow, Parahoplites Bigoti Seunes, P. Treffryanus Karsten.

LISTA DE LA LITERATURA CITADA

Aguilera, J. G.:..... Excursión de Tehuacán a Zapotitlán et San Juan Raya. No. VII, Guide des Excursions du X.° Congrès géologique international. México, 1906.

Anthula, D. J.:..... Ueber die Kreidefossilien des Kaukasus. Beiträge zur Palaeontologie und Geologie Oesterreich-Ungarns und des Orients. Bd. XII. Wien 1899-1900.

Boese, E.:..... Neue Beiträge zur Kenntniss der mexikanischen Kreide. Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie 1910, p. 616.

Boese, E.:..... Algunas faunas cretácicas de Zacatecas, Durango y Guerrero. Este Boletín, número 42, 1923.

Burckhardt, C.:..... Géologie de la Sierra de Mazapil et Santa Rosa, número XXVI. Guide des Excursions du X.° Congrès géologique international. México, 1906.

Burckhardt, C.:..... La faune jurassique de Mazapil avec un appendice sur les fossiles du Crétacique inférieur. Este Boletín, número 23, 1906.

Burckhardt, C.:..... Estudio geológico de los alrededores de una parte del río Nazas, en relación con el proyecto de una presa, en el Cañón de Fernández. I. Bosquejo geológico de la región. Parergones del Instituto Geológico de México. III, 2. 1909, p. 117.

Burckhardt, C.:..... Neue Untersuchungen über Jura und Kreide in México. Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie, 1910, p. 622, 662.

Burckhardt, C.:..... Estudio geológico de la región de San Pedro del Gallo (Durango). Parergones del Instituto Geológico de México. III, 6. 1910, p. 307.

Burckhardt, C.:..... Faunes jurassiques et crétaciques de San Pedro del Gallo (Durango). Este Boletín, número 29, 1912.

Carez, L.:..... La Géologie des Pyrénées françaises. Mémoires pour servir à l'explication de la Carte géologique détaillée de la France. Fasc. I.-V. 1903-1908.

Coquand, H.:..... Description géologique de la Province de Constantine. Mémoires de la Société géologique de France, 2e. série, t. V, 1854, número 1.

Coquand, H.:..... Géologie et Paléontologie de la région Sud de la Province de Constantine. Mémoires de la Société d'Enmulation de la Provence II. Marseille, 1862.

Coquand, H.:..... Monographie de l'étage Aptien de l'Espagne, ibid. III, 1865.

Coquand, H.:..... Etudes supplémentaires sur la Paléontologie algérienne. Bulletín de l'Académie d'Hippone, número 15. Bône, 1880.

Cragin, F. W.:..... A contribution to the Invertebrate Paleontology of the Texas Cretaceous. 4th. annual Report of the Geological Survey of Texas, pt. 2, p. 139, 1893.

d'Orbigny, A.:..... Paléontologie française. Terrains crétacés, tome I, 1840-41.

d'Orbigny, A.:..... Note sur quelques coquilles fossiles recueillies dans les montagnes de la Nouvelle Grenade par M. J. Acosta. Jl. Conchyl. IV, p. 208, 1853.

Douvillé, H.:..... Etudes géologiques; partie IV, Mollusques fossiles: dans: Mission scientifique en Perse par J. de Morgan, tome 3e. París, 1904.

Douvillé, R.:..... Esquisse géologique des Préalpes subbétiques. Thèse présentée à la Faculté des sciences de Paris. 1906.

Douvillé, R.:..... Sur des Ammonites du Crétacé Sud-américain. Annales de la Société royale de Zoologie et Malacologie de Belgique, t. XLI, p. 142, 1906.

Dumas, E.:..... Statistique géologique, minéralogique, etc., du Département du Gard. 2e. partie. París, Nimes, Alais, 1876.

Fallot, P.:..... Sur quelques fossiles pyriteux du Gault des Baléares. Annales de l'Université de Grenoble, tome XXII, No. 3. 1910.

Fitton, W. H.:..... Observations on some of the strata between the chalk and the Oxford Oolite in the Southeast of England. With appendix by J. de C. Sowerby. Transactions of the geological Society of London, ser. 2, vol. IV, p. 103, 1836.

Fitton, W. H.:..... A stratigraphical account of the section from Atherfield to rocken end on the Southwest coast of the Isle of Wight. Quarterly Journal of the geological Society of London, vol. III, p. 289, 1847.

Foord, A. H.:..... Catalogue of the fossil Cephalopoda in the British Museum. Nautiloidea pt. II, London, 1891.

Forbes, E.:..... Catalogue of the lower Greensand fossils in the Museum of the geological Society with notices of species new to Britain. Quarterly Journal of the geological Society of London, vol. I, 1845, p. 78. 237, 345.

Fritel, P. H.:..... Sur les variations morphologiques d'Acanthoceras Milletianum d'Orb. sp. Le Naturaliste, 1er. Novembre 1906, 28e. année, 2e. série, No. 472, p. 245.

Gabb, W. M.:..... Description of new and revision of previously described cretaceous fossils in: Geological Survey of California, Palaeontology, vol. II. 1869.

Gerhardt, K.:..... Beiträge zur Kenntniss der Kreideformation in Columbien. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie, Beilageband XI, 1897.

Haug, E.:..... Traité de Géologie. II. Les Périodes géologiques, Fasc. 2. París.

Hill, R. T.:..... Palaeontology of the cretaceous formations of Texas. The invertebrate Palaeontology of the Trinity division. Proceedings of the Biological Society of Washington, vol. VIII, p. 9, 1893.

Jacob, Ch.:..... Etude sur les Ammonites et sur l'horizon stratigraphique du gisement de Clansayes, Bulletin de la Société géologique de Françe, 4e. série, tome Ve., 1905, p. 399.

Jacob, Ch.:..... Etudes paléontologiques et stratigraphiques sur la partie moyenne des terrains crétacés dans les Alpes françaises et régions voisines. Travaux du Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Grenoble, tome VIII, fasc. 2, p. 280 (1907) 1908.

Jacob, Ch.:..... Etude sur quelques Ammonites du Crétacé moyen. Mémoires de la Société géologique de France. Paléontologie, Tome XV, fasc. 3 et 4, Mémoire 38, 1907.

Jacob, Ch. et Tobler, A.:.. Etude stratigraphique et paléontologique du Gault de la Vallée de la Engelberger Aa. Mémoires de la Société paléontologique Suisse, tome 33, 1906.

Karakasch, N.:..... Dépôts crétacés du versant septentrional de la chaine principale du Caucase et leur faune. St. Petersbourg, 1897.

Karsten, H.:..... Ueber die geognostischen Verhältnisse des westlichen Columbien. Amtlicher Bericht über die 32te. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte. Wien, 1856.

Kilian, W.:..... Sur quelques fossiles du Crétacé inférieur de la Provence. Bulletin de la Société géologique de France, 3e. série, t. XVI, p. 663, 1888.

Kilian, W.:..... Description géologique de la montagne de Lure. Thèse présentée à la Faculté des Sciences de París, 1888.

Kilian, W.:..... Notice stratigraphique sur les environs de Sisteron. Bulletin de la Société géologique de France 3e. série, tome XXIII, p. 679, 1895.

Kilian, W.:..... Ueber Aptien in Südafrika. Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie. 1902, número 15. p, 465.

Kilian, W.:..... Unterkreide (Palaeocretacicum). In: Lethaea geognostica, II Das Mesozoicum, 3. Band Kreide, 1 Liefg. Stuttgart, 1907; 2 Liefg, 1910; 3 Liefg. 1913.

Kilian, W.:..... Sur l'origine du groupe de l'Ammonites Percevali Uhlig du Barrémien. Compte-rendu des Séances de la Société géologique de France, 1910, No. 2, 17 Janvier, p. 11.

Kilian, W.:..... Sur le genre Ammonitoceras, ibidem, No. 19, 19 Décembre, 1910, p. 192.

Kilian, W. et Piroutet, M.: Sur les fossiles éocrétaciques de la Nouvelle Calédonie. Bulletin de la Société géologique de France, 4e. série, tome V, No. 2, 1905, p. 118.

Koenen, A. von:..... Die Ammonitiden des norddeutschen Neocom. Abhandlungen der Königlich preussischen geologischen Landesanstalt, Neue Folge. Heft 24, 1902.

Krenkel, E.:..... Die Aptfossilien der Delagoabai, Neues Jahrbuch für Mineralogie und Palaeontologie 1910, Band I, p. 142.

Lamplugh, G. W.:..... On the Speeton Series in Yorkshire and Lincolnshire. Quarterly Journal of the geological Society of London, 1896, tome LII, p. 179.

Lasswitz, R.:..... Die Kreide-Ammoniten von Texas. Geologische und Palaeontologische Abhandlungen, Band VI (X), heft 4, 1904.

Liebus, A.:..... Ueber einige Fossilien aus der Karpathischen Kreide, mit stratigraphischen Bemerkungen von *V. Uhlig*. Beiträge zur Palaeontologie und Geologie Oesterreich-Ungarns und des Orients, Band 14, heft 1-2. 1902, p. 113.

Mayer-Eymar, C.:..... Ueber Neocomian-Versteinerungen aus dem Somali Land. Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft Zürich, Jahrgang XXXVIII, p. 249, 1893.

Neumayr, M. et Uhlig, V.: Ueber Ammonitiden aus den Hilsbildungen Norddeutschlands. Palaeontographica, Band XXVII. Cassel, 1880-1881.

Nicklès, R.:..... Etudes géologiques sur le Sudest de l'Espagne. I. Recherches géologiques sur les terrains secondaires et tertiaires de la Province d'Alicante et du Sud de la Provence de Valence. Annales Hébert. t. I, 1892.

Nolan, H.:..... Jurassique et Crétacé des iles Baléares. Compte-Rendu de l'Académie des Sciences, CXX, p. 1360. París, 1895.

Paquier, V.:..... Sur la présence du genre Caprina dans l' Urgonien. Compte-rendu de l'Académie des Sciences. CXXXII, p. 229, París, 1901.

Pervinquière, L.:..... Etudes de Paléontologie tunisienne. I. Céphalopodes des terrains secondaires. París, 1907.

Pictet, F. J. et Roux, W.: Description des mollusques fossiles qui se trouvent dans les grès verts des environs de Genève. I. Céphalopodes. Mémoires de la Societé de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, tome XI, 1846.

Pictet, F. J. et de Loriol, P.: Description des fossiles contenus dans le terrain néocomien des Voirons. Matériaux pour la Paléontologie Suisse, IIe. série. Genève, 1858.

Pictet, F. J. et Campiche G.: Description des fossiles du terrain crétacé des environs de Sainte Croix. ibid. Séries II-VI, Genève, 1858-1872.

Quenstedt, F. A.:..... Die Petrefactenkunde Deutschlands. Band I, Die Cephalopoden. Tübingen, 1840-1849.

Roussel, J.:..... Etude stratigraphique des Pyrénées. Bulletin de la Carte géologiquee de France. No. 35, tome V. 1893.

Sarasin, Ch.:..... Quelques considérations sur les ganres Hoplites, Sonneratia, Desmoceras et Puzosia. Bulletin de la Société géologique de France, 3e. série, t. XXV, 1897, p. 760.

Seunes, J.:..... Notes sur quelques Ammonites du Gault. ibidem, t. XV, 1886-1887, p. 557.

Sinzow, J.:..... Ueber Jura-und Kreideversteinerungen im Gouvernement Saratow. Materialien zur Geologie Russlands. Bd. IV, 1872.

Sinzow, J.:..... Beschreibung einiger Douvilléicerasarten aus dem obern Neocom Russlands. Verhandlungen der Kaiserlich russischen mineralogischen Gesellschaft Bd. 44, Liefg. 1, St. Petersburg. 1906.

Sinzow, J.:..... Untersuchung einiger Ammonitiden aus dem untern Gault Mangyschlaks und des Kaukasus. Ibidem Bd. 45, p. 455. St. Petersburg, 1908.

Sinzow, J.:..... Beiträge zur Kenntniss des südrussischen Aptien und Albien. Ibidem. Bd. 47, Liefg. I, St. Petersburg, 1910.

Stolley, E.:..... Die Gliederung der norddeutschen untern Kreide. Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie, 1908.

Uhlig, V.:..... Die Cephalopodenfauna der Wernsdorferschichten. Deukschriften der K. K. Akademie der Wissenschaften., math-naturw, Cl. B. 46. Wien, 1883.

Vasilievskij, M.:..... Note sur les couches à Douvilléiceras dans les environs de la ville Saratow. Travaux du Musée géologique Pierre le grand. Tome II, 2. St. Petersburg, 1908.

Vilanova y Piera, J.:..... Memoria geognóstico-agrícola sobre la provincia de Castellón. Memorias de la Real Academia de Ciencias, tomo IV. Madrid, 1858.

Waagen, W.:..... Description of three cretaceous Cephalopoda from Kutch, Memoirs of the geological Survey of India; Palaeontologia indica, 1875. (Appendix in "Jurassic Cephalopoda of Kutch," p. 245.)

Whiteaves, J. F.:..... Geological Survey of Canada. Mesozoic fossils, vol. I, 1876-1903. Montreal y Ottawa.

Woodward, H. B.:..... The Geology of England and Wales, 2e. Edition. London, 1887.

Explicación de la Lámina I

Fig. 1-4, Nautilus neohispanicus n. sp. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Al Este del rancho "El Mulato;" Localidad * 5. Véase p. 7.

NOTA: Fig. 1 y 4, representan vistas laterales del mismo ejemplar.

Explicación de la Lámina II

Fig. 1. Puzosia aff. Matheroni d'Orb. sp. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). El Este del rancho "El Mulato;" Localidad * 5. Véase p. 9.

Fig. 2-3. Puzosia sp. ind. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Al Este del rancho "El Mulato;" Localidad * 5. Véase p. 8.

Fig. 4-6. Uhligella Aguilerae n. sp. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Loma Verde; Localidad * 3. Véase p. 10.

Fig. 7-10. Uhligella Jacobi n. sp. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Loma Verde; Localidad * 3. Véase p. 11.

Explicación de la Lámina III

Fig. 1-3. Uhligella mexicana n. sp. Capas limítrofes entre el Aptiano y el Gault, San Gaspar Zumpahuacan (Estado de México). Véase p. 12.

Fig. 4-7. Neocomites nazasensis n. sp. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Al Este del rancho "El Mulato;" Localidad * 5. Véase p. 14.

Fig. 8-10. Pedioceras durangense n. sp. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Loma Verde; Localidad * 3. Véase p. 13.

Fig. 11-12. Parahoplites sp. ind. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Loma Verde; Localidad * 3. Véase p. 23.

Fig. 13. Parahoplites sp. ind. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Loma Verde; Localidad * 3. Véase p. 23.

Fig. 14-16. Parahoplites aff. Milletianus d'Orb. sp. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Loma Verde; Localidad * 3. Véase p. 22.

Fig. 17-19. Parahoplites aff. Milletianus d'Orb. sp. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Loma Verde; Localidad * 3. Véase p. 21.

Explicación de la Lámina IV

Fig. 1-2. Parahoplites juv. sp. ind. Capas limítrofes entre el Aptiano y el Gault. Rancho Colorines; Localidad * 1. Véase p. 24.

Fig. 4-5. El mismo; 1½ del tamaño natural.

Fig. 3, 11, 12. Parahoplites juv. sp. ind. Capas limítrofes entre el Aptiano y el Gault. Al Norte del Cañón del Borrego; Localidad * 9. Véase página 24.

Fig. 6, 13, 14. El mismo; 1½ del tamaño natural.

Fig. 7-8. Parahoplites juv. sp. ind. Capas limítrofes entre el Aptiano y el Gault. Al Norte del Cañón del Borrego; Localidad * 9. Véase p. 24.

Fig. 9, 10. El mismo; 1½ del tamaño natural.

Fig. 15-17. Douvilléiceras aequicostatum n. sp. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Loma Verde; Localidad * 3. Véase p. 27.

Fig. 18. Parahoplites cfr. Milletianus d'Orb. sp. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Al Sur del Cañón del Borrego; Localidad * 7. Véase p. 22.

Fig. 19-21. Parahoplites sp. ind. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Al Este del rancho "El Mulato;" Localidad * 5. Véase p. 23.

Fig. 22, 23. Parahoplites sp. ind. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Al Este del rancho "El Mulato;" Localidad * 5. Véase p. 23.

Explicación de la Lámina V

Fig. 1-3. Douvilléiceras sp. ind. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Al Norte del Cañón del Borrego; Localidad * 8. Véase p. 28.

Fig. 4-7. Douvilléiceras aff. Martinii d'Orb. sp., var. orientalis Jacob. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Al Sur del Cañón del Borrego; Localidad * 7. Véase p. 29.

NOTA: Figs. 5 y 6, representan el mismo ejemplar visto de ambos lados.

Fig. 8, 18-21. Douvilléiceras Wilfridi n. sp. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Loma Verde; Localidad * 3. Véase p. 31.

NOTA: Figs. 19 y 21, representan el mismo ejemplar visto de ambos lados.

Fig. 9-11. Douvilléiceras paucinodum n. sp. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Al Este del rancho "El Mulato;" Localidad * 5. Véase p. 34.

Fig. 12-14. Douvilléiceras nazasense n. sp. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Loma Verde; Localidad * 3. Véase p. 30..

Fig. 15-17. Douvilléiceras sub-Buxtorfi n. sp. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Loma Verde; Localidad * 3. Véase p. 35.

Explicación de la Lámina VI

Fig. 1-4. Douvilléiceras aff. Stoliczkanum Gabb sp. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Loma Verde; Localidad * 3. Véase p. 32.

NOTA: Fig. 2 y 3, representan el mismo ejemplar visto de ambos lados.

Fig. 5. Douvilléiceras juv. cfr. clansayense Jacob. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Loma Verde; Localidad * 3. Véase p. 37.

Fig. 6-8. Douvilléiceras sp. ind. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Loma Verde; Localidad * 3. Véase p. 36.

Explicación de la Lámina VII

Fig. 1-3. Douvilléiceras juv. sp. ind. Capas limítrofes entre el Aptiano y el Gault. Cerca del rancho Colorines; Localidad * 1. Véase p. 38.

Fig. 4-6. El mismo; 1½ del tamaño natural.

Fig. 7-9. Douvilléiceras sp. ind. Capas limítrofes entre el Aptiano y el Gault. Cerca del rancho Colorines; Localidad * 1. Véase p. 39.

Fig. 10-12. El mismo; 1½ del tamaño natural.

Fig. 13-15. Douvilléiceras juv. sp. ind. San Gaspar Zumpahuacan (Estado de México). Véase p. 39.

Fig. 16-18. El mismo; 1½ de tamaño natural.

Fig. 19-21. Douvilléiceras cfr. nodosocostatum d'Orb. sp. Capas limítrofes entre el Aptiano y el Gault. Vertiente oriental de la Mesa del Cardenche, San Pedro del Gallo. Véase este Boletín, No. 39, p. 198.

Fig. 22, 23. Douvilléiceras cfr. Buxtorfi Jacob. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Loma Verde; Localidad * 3. Véase p. 35.

Fig. 24-26 Crioceras trispinosoides n. sp. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Loma Verde; Localidad * 3. Véase p. 42.

Fig. 27-29. Ammonitoceras fissicostatum n. sp. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Al Norte del Cañón del Borrego; Localidad * 8. Véase p. 41.

Explicación de la Lámina VIII

Fig. 1-4. Ammonitoceras cornutum n. sp. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Al Sur del Cañón del Borrego; Localidad * 7. Véase p. 40.

Explicación de la Lámina IX

Fig. 1. Ammonitoceras cornutum n. sp. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Al Sur del Cañón del Borrego; Localidad * 7. Véase p. 40.

NOTA: Fig. 1, lám. IX y fig. 1, lám. VIII, representan el mismo ejemplar visto de ambos lados.

Fig. 2, 3. Dufrenoya texana n. sp. molde del tipo del Hoplites furcatus in Kilian et Lasswitz, Trinity beds; Combs Hollow, Texas. Véase p. 20.

Fig. 4. Dufrenoya texana n. sp. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Loma Verde; Localidad * 3. Véase p. 20.

Fig. 5-6. Dufrenoya texana n. sp. La misma procedencia. Véase p. 20.
Fig. 7-9. Dufrenoya texana n. sp. La misma procedencia. Véase p. 20.
Fig. 10-11. Dufrenoya texana n. sp. La misma procedencia. Véase p. 20.
Fig. 12-13. Dufrenoya texana n. sp. La misma procedencia. Véase p. 20.
Fig. 14-15. Dufrenoya texana n. sp. La misma procedencia. Véase p. 20.

Explicación de la Lámina X

Fig. 1. Dufrenoya aff. Dufrenoyi d'Orb. sp. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Al Este del rancho "El Mulato;" Localidad * 5. Véase página 19.

Fig. 2-3. Dufrenoya aff. Dufrenoyi d'Orb. sp. La misma procedencia. Véase p. 19.

NOTA: Fig. 3 representa un molde artificial de la impresión fig. 2.

Fig. 4. Dufrenoya aff. Dufrenoyi d'Orb. sp. La misma procedencia. Véase p. 19.

Fig. 5-6. Dufrenoya Stuebeli Gerhardt sp. Molde del tipo de Gerhardt. Véase p. 18.

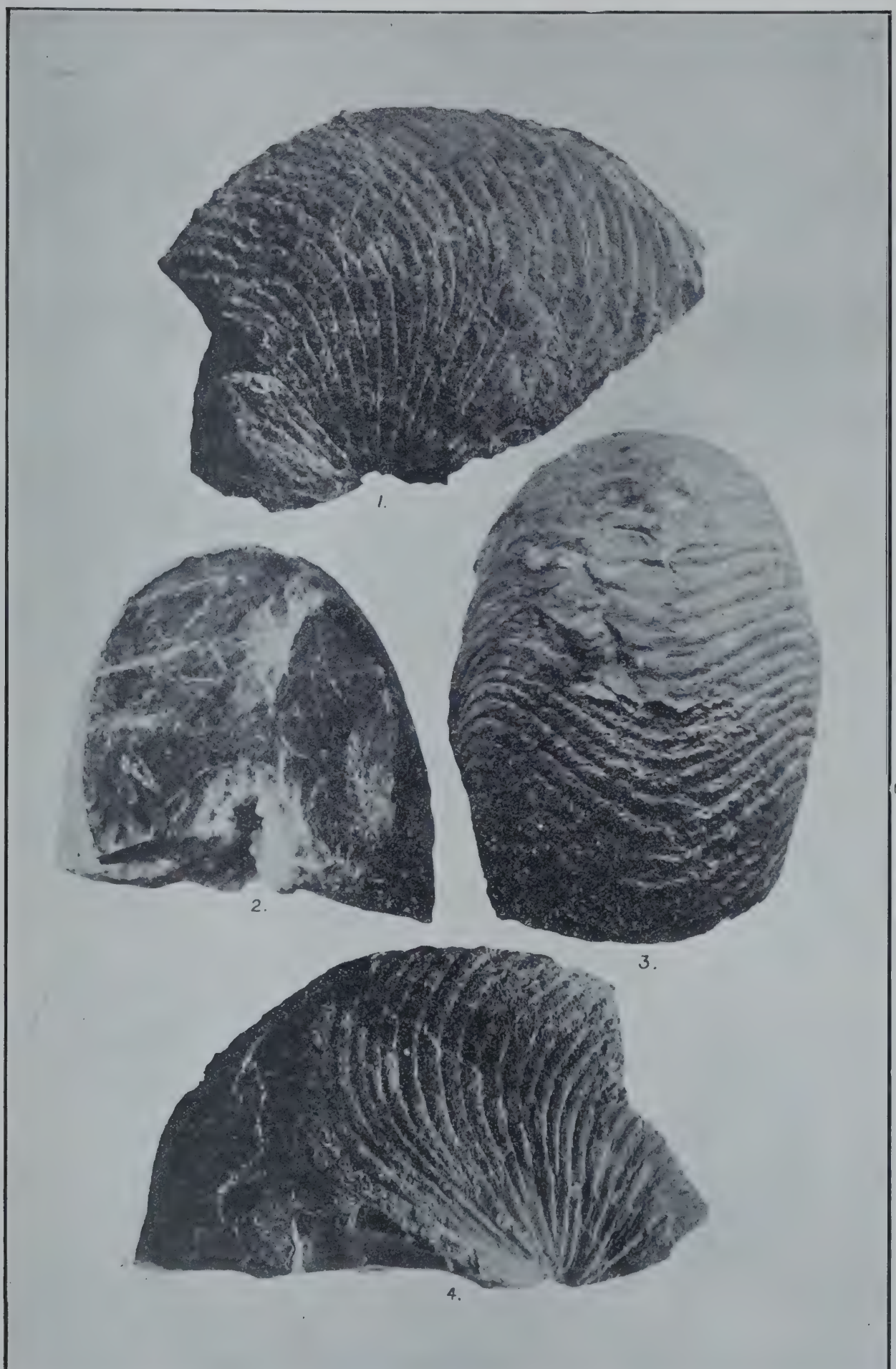
Fig. 7-9. Dufrenoya aff. Dufrenoyi d' Orb. sp. Capas con Douvilléiceras (Aptiano superior). Loma Verde; Localidad * 3. Véase p. 18.

Fig. 10-11. Dufrenoya Codazziana Karsten sp. Molde de uno de los tipos de Karsten (Karsten, l. c., pl. III, fig. 5). Véase p. 18.

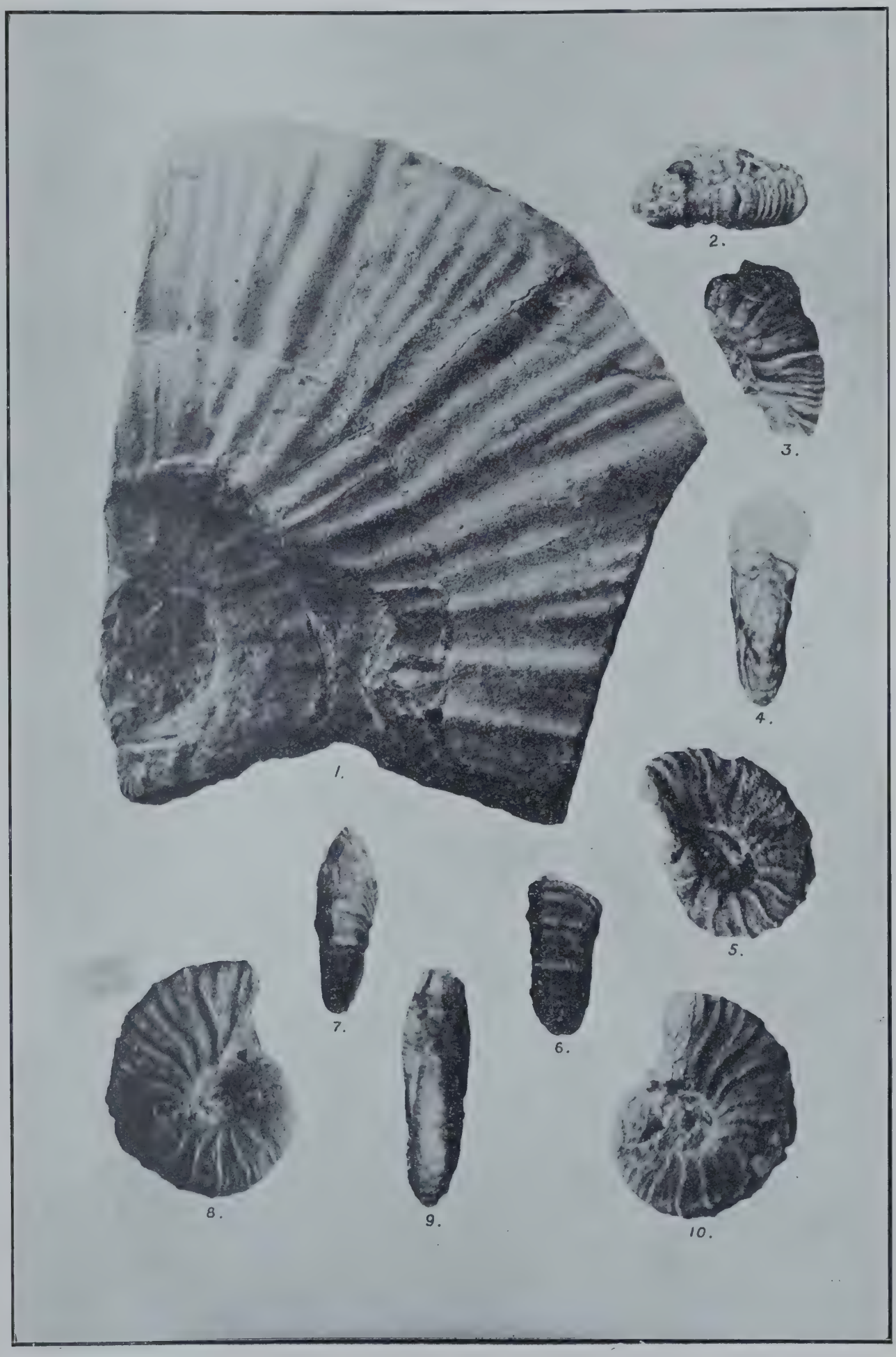
Fig. 12-13. Dufrenoya furcata Sow. sp. Molde del tipo de Sowerby. Véase p. 17.

Fig. 14-15. Dufrenoya Justinae Hill sp. Molde del tipo de Hill. Véase p. 17.

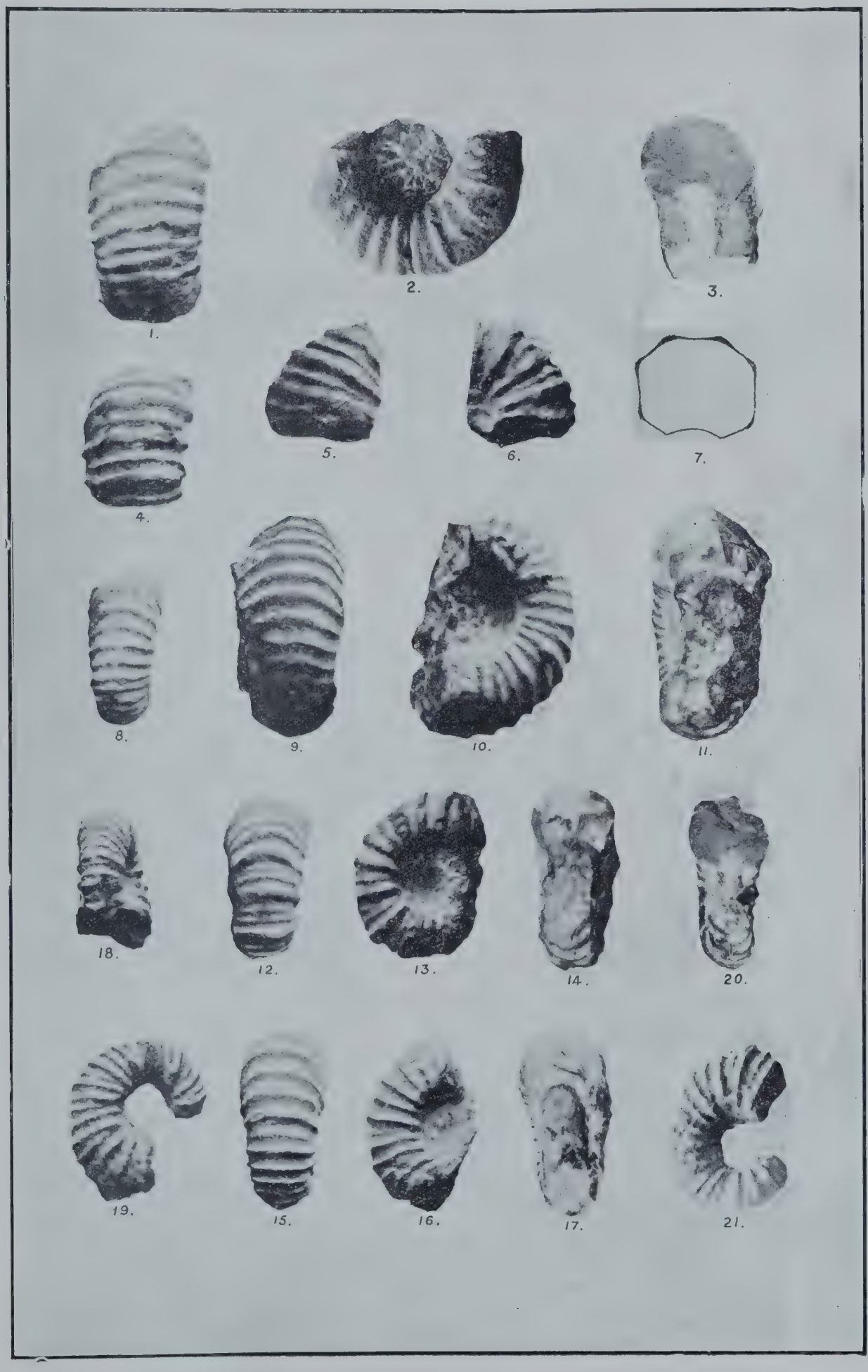
THE LIBRARY OF THE
[illegible]
UNIVERSITY OF ILLINOIS

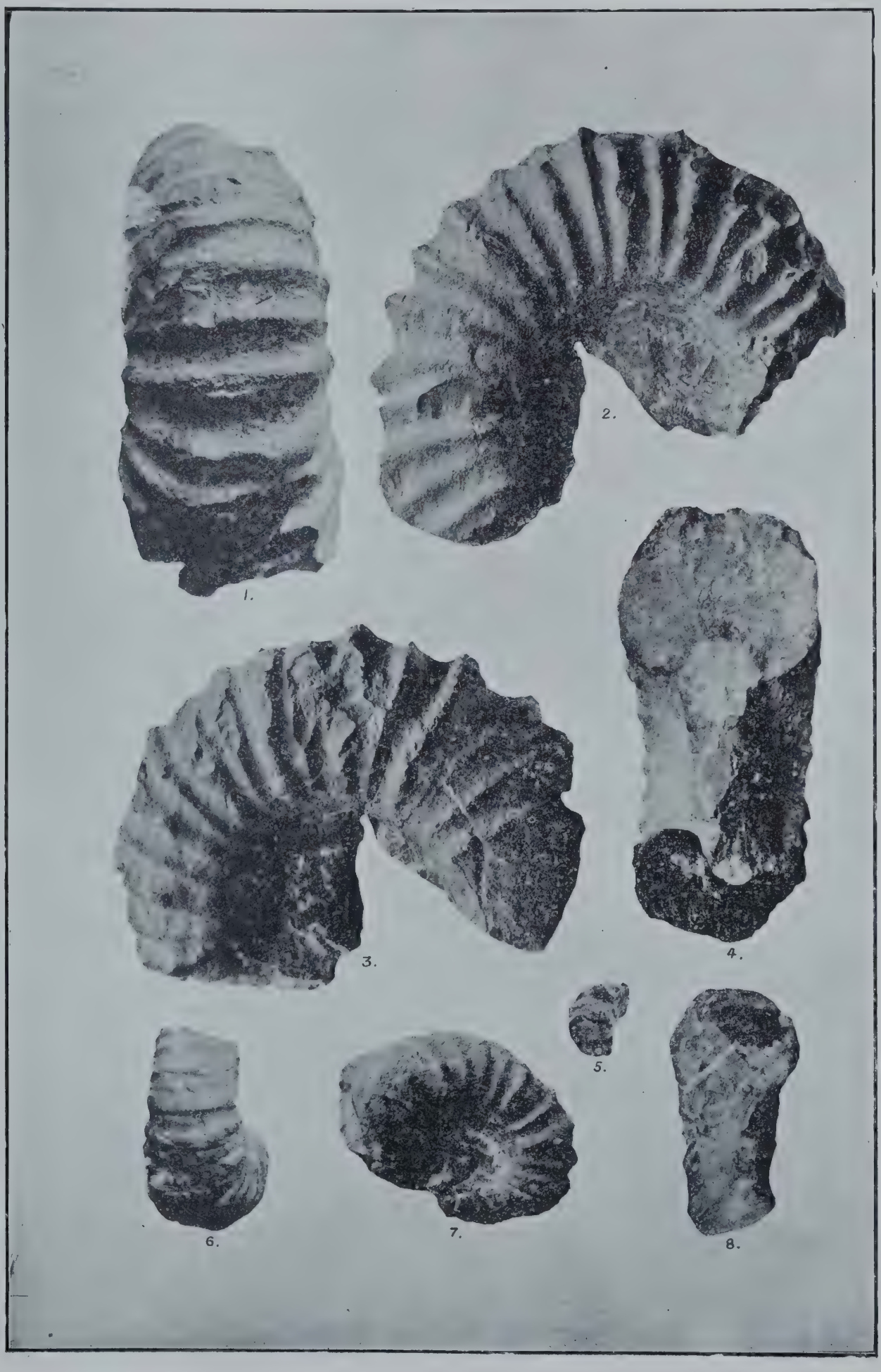

1.
2.
3.
4.

THE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

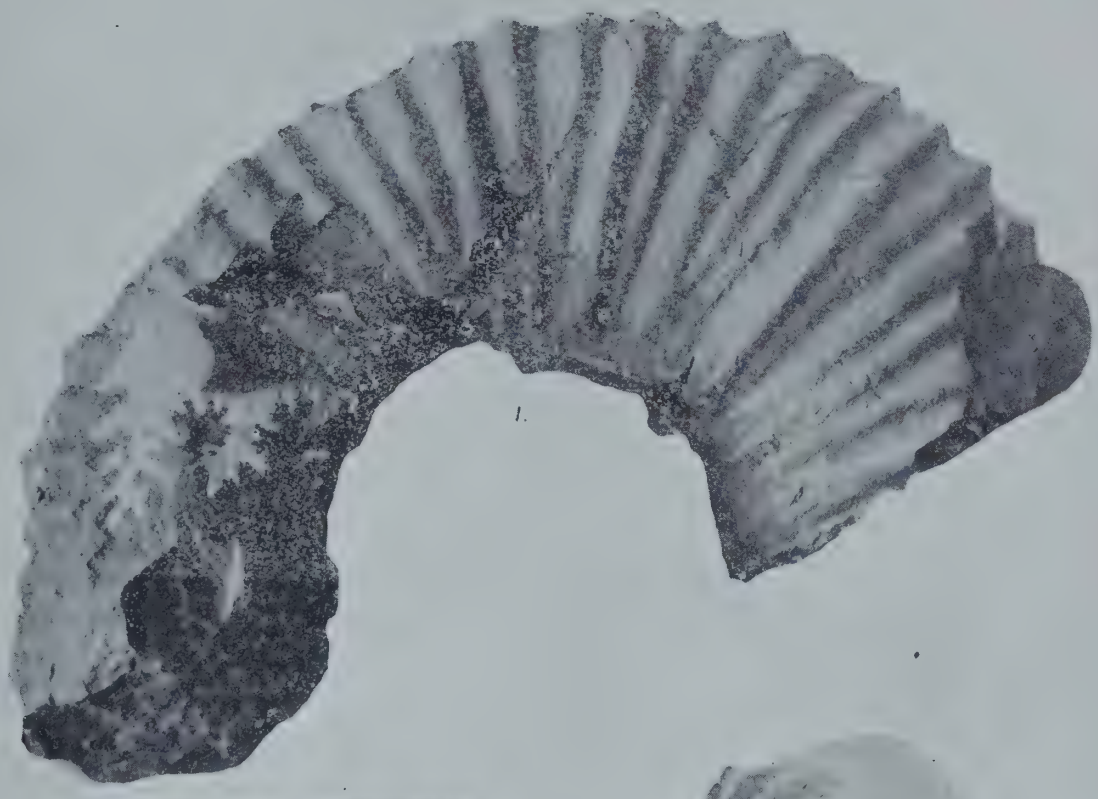

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.

1.
2.
3.
7.
8.
11.
12.
4.
5.
6.
9.
10.
13.
14.
15.
16.
18.
21.
19.
20.
17.
22.
23.


1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
18.
12.
13.
14.
20.
19.
15.
16.
17.
21.

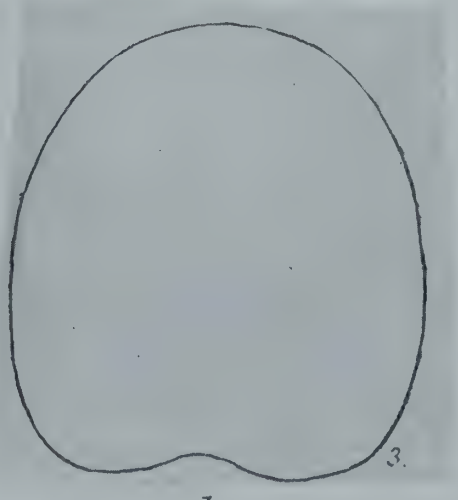

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.

1.
2.
3.
7.
8.
9.
13.
14.
15.
4.
10.
11.
12.
16.
5.
6.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
24.
25.
23.
26.
27.
28.
29.



1.

2.

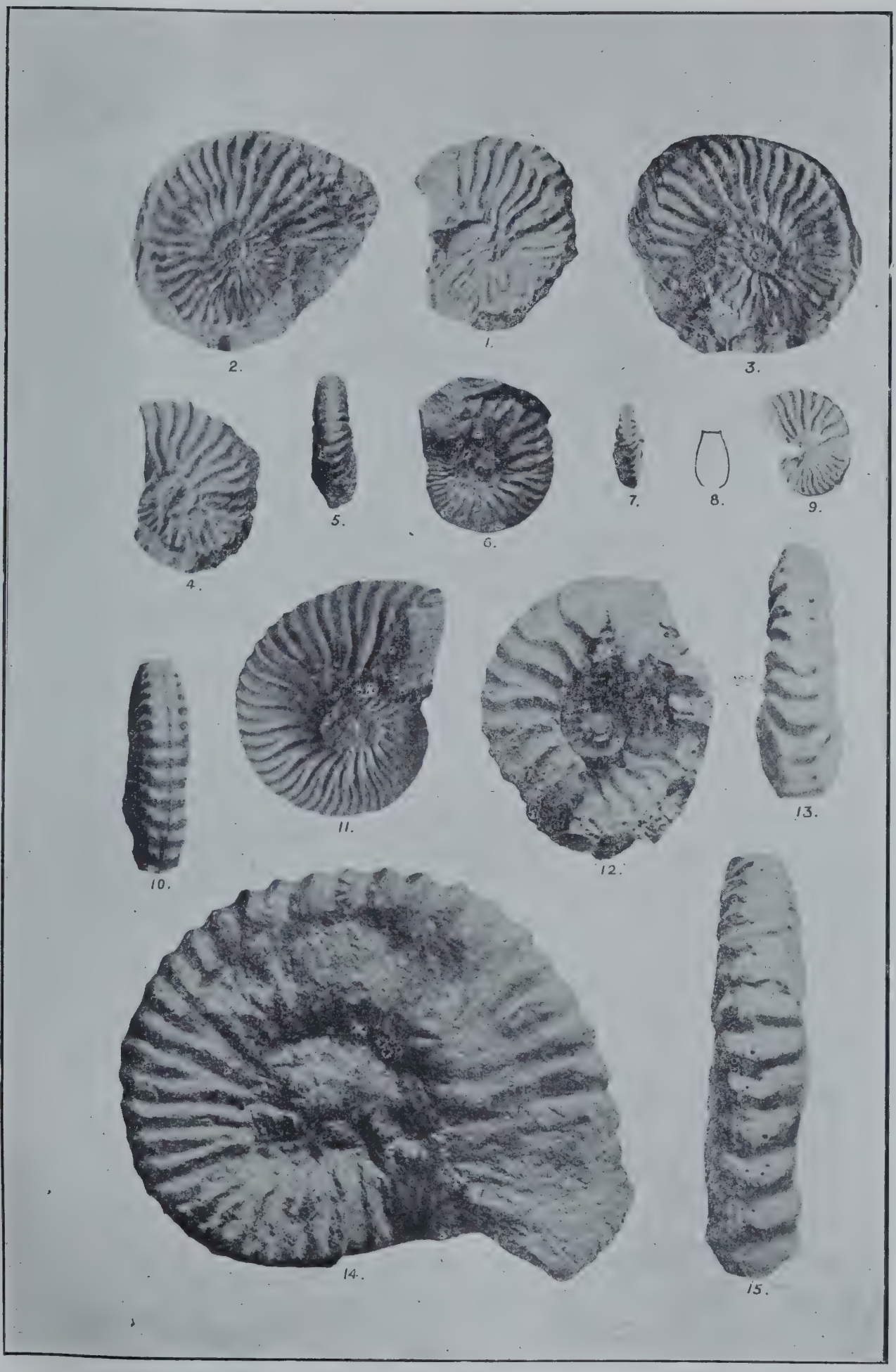


3.

3.

4.

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.


1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.

THE LIBRARY
OF THE

UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 046390206